

**GBB DAN SAP
VERSI BAHASA INDONESIA
BUKU AJAR PENGANTAR GEODESI
ACADEMIC CURRICULUM DEVELOPMENT
TAHUN ANGGARAN 2007**



**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI
TAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**



GBPP & SAP

KONTRAK PERKULIAHAN
GBPP – SAP
PENGANTAR GEODESI



OLEH :

1. Ir. Sutomo Kahar
2. Yudo Prasetyo, ST., MT

PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

KONTRAK PERKULIAHAN

(PEDOMAN PERKULIAHAN)

Judul Mata Kuliah: Pengantar geodesi

Kode Mata Kuliah: TGD 115-2 SKS

Dosen Pengampu: 1. Yudo Prasetyo, ST., MT.

2. Ir. Sutomo Kahar..

A. MANFAAT KULIAH

Memberikan pengetahuan dasar mengenai ilmu geodesi, geomatika dan geoinformasi yang akan menjadi landasan pengetahuan untuk setiap mata kuliah berikutnya. Mahasiswa diharapkan mendapatkan gambaran secara menyeluruh terhadap seluruh bidang kajian yang terdapat dalam ilmu geodesi-geomatika. Pemahaman untuk setiap konsep pemetaan, sistem informasi geografis, penginderaan jauh serta kartografi. Konsep-konsep tersebut dikaji beserta aplikasinya yang akan memberikan wawasan baru terkait dengan kajian kegeodesian. Hal-hal diatas sangat dibutuhkan dalam mengembangkan ilmu geodesi dan geomatika secara lebih mendalam dan mendetil.

B. DISKRIPSI MASALAH

Kajian ilmu kegeodesian yang sangat luas dan beragam memerlukan pemahaman konsep dan aplikasi yang sistematis dan mendalam. Penerapan pemahaman dasar atas konsep pemetaan, konsep sistem informasi geografis, konsep penginderaan jauh, konsep sistem koordinat dan konsep geodesi fisis akan mampu memberikan landasan teori dan aplikasi yang sangat kuat dalam pemahaman kajian ilmu geodesi, geomatika dan geoinformasi secara holistik. Perkembangan teknologi memberikan andil dalam percepatan pengembangan berbagai macam kajian ilmu kegeodesian. Hal-hal inilah yang harus dapat diantisipasi

mahasiswa dengan membekali diri melalui pemahaman atas konsep-konsep dasar ilmu geodesi, geomatika dan geoinformasi.

C. TUJUAN INSTRUKSIONAL

Pada akhir perkuliahan Pengantar geodesi mahasiswa diharapkan mampu dan memiliki keterampilan dalam hal-hal, sebagai berikut:

1. Mampu menjelaskan pengertian umum geodesi, geomatika dan geoinformasi.
2. Mampu menjelaskan konsep dasar pelaksanaan pemetaan dan kartografi.
3. Mampu menjelaskan pengertian dan aplikasi sistem informasi geografis.
4. Mampu menjelaskan pengertian dan aplikasi penginderaan jauh.
5. Mampu menjelaskan pengertian dan aplikasi sistem basis data.

D. STRATEGI PERKULIAHAN

Metode perkuliahan adalah ceramah, diskusi dan latihan soal. Agar mahasiswa mudah menganalisis dan menerapkan ilmunya pada suatu masalah maka dalam contoh dan latihan yang digunakan diambilkan dari soal-soal hitungan pengantar geodesi. Pada saat latihan soal dilakukan pendalaman atas materi pengantar geodesi agar diperoleh pemahaman materi yang maksimal.

E. MATERI KULIAH

Buku atau bahan bacaan yang digunakan antara lain:

1. Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press
2. Mickhail, *et al.* *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill
3. Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.
4. Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

F. TUGAS

1. Kuliah dimulai sesuai dengan jadwal tatap muka maka diharapkan sebelumnya mahasiswa telah menyiapkan modul, diktat dan buku bacaan kuliah.
2. Mahasiswa menyelesaikan tugas-tugas, antara lain:
 - a. Tugas artikel pengertian dan aplikasi geodesi, geomatika dan geoinformasi.
 - b. Tugas artikel dan pembuatan aplikasi basis data.
 - c. Tugas artikel penginderaan jauh dan sistem informasi geografis.
3. Evaluasi tengah semester dilakukan pada saat jadwal kuliah minggu ke delapan dan evaluasi akhir perkuliahan mahasiswa diuji dengan soal-soal essay.
4. Untuk tugas soal hitung kelompok dikumpulkan sebelum akhir ujian dilaksanakan.

G. KRITERIA PENILAIAN/EVALUASI

Kriteria penilaian dalam kuliah Hitung Perataan I, sebagai berikut:

A	4,0
AB	3,5
B	3,0
BC	2,5
C	2,0
D	1,0
E	0,0

Komponen yang akan dinilai pada akhir adalah:

1. Tugas individual dan tugas kelompok	bobot 25%
2. Evaluasi tengah semester	bobot 30%
3. Evaluasi akhir semester	bobot 40%
4. Kehadiran	bobot 5%

H. JADWAL PERKULIAHAN

No.	Minggu ke	Pokok Bahasan	Sub Pokok Bahasan	Pustaka
1.	1	Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengertian konsep dasar geodesi, geomatika dan geoinformasi. 2. Penjabaran dan penjelasan ilmu geodesi, geomatika dan geoinformasi beserta bidang kajiannya. 	1,2,3,4
2.	2,3,4	Sistem Koordinat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konsep dasar dan pengertian sistem koordinat. 2. Pengertian dan aplikasi koordinat garis. 3. Pengertian dan aplikasi koordinat 2D. 4. Pengertian dan aplikasi koordinat geografi. 5. Pengertian dan aplikasi sistem koordinat kartesian. 6. Pengertian dan aplikasi sistem koordinat geodetik. 7. Pengertian dan aplikasi sistem koordinat geosentrik. 8. Pengertian dan aplikasi sistem koordinat toposentrik. 	2,3,4
3.	7,9,10,	Sistem Basis Data	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengertian dan konsep dasar sistem basis data. 2. Pengertian dan aplikasi 	1,2,3,4

			sistem manajemen basis data	
4.	14,15	Penginderaan Jauh	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengertian dan konsep dasar penginderaan jauh. 2. Pengertian dan aplikasi dari berbagai macam sistem satelit penginderaan jauh. 	4
5.	5,6	Geodesi Fisis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemahaman hubungan geoid dan ellipsoid terkait hubungan msl dengan geoid dan ellipsoid. 2. Pemahaman hubungan 2 titik dan arah meliputi azimuth dan jarak bola. 3. Pemahaman notasi dan definisi bola meliputi lintang bujur dan garis geodesik. 	1,2,3
6.	11,12,13	Sistem Informasi Geografis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengertian Sistem Informasi Geografis. 2. Pemahaman aplikasi sederhana Sistem Informasi Geografis. 	1,3

GARIS BESAR PROGRAM PEMBELAJARAN (GBPP)

Judul Mata Kuliah: Pengantar Geodesi

Nomor Kode/SKS: TGD 108/2 SKS

Deskripsi Singkat: Mata Kuliah Pengantar Geodesi mempelajari pemahaman dasar mengenai geodesi, geomatika dan geoinformasi yang dibutuhkan mahasiswa dalam proses pembelajaran bidang ilmu kegeodesian. Termasuk penguasaan konsep-konsep dasar pemetaan dan cabang-cabang keilmuan geodesi antara lain hidrografi, pertanahan, geodesi dan geomatika. Penguasaan informasi terkini terkait dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi didalam kajian kegeodesian diharapkan dapat dikuasai dan dijabarkan oleh mahasiswa.

Tujuan Instruksional Umum: Di akhir perkuliahan, Mahasiswa diharapkan dapat memahami, menjelaskan dan mendefinisikan semua perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan dibidang ilmu kegeodesian minimal 80% dari keseluruhan materi yang diajarkan.

No.	Tujuan Instruksional Khusus	Pokok Bahasan	Sub Pokok Bahasan	Est Waktu	Daftar Kepustakaan
1.	Mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan pengertian dan konsep Geodesi, Geomatika dan	Geodesi, Geomatika dan Geoinformasi.	- Pengertian Geodesi. - Pengertian Geomatika. - Pengertian	1x150	Bomford. 1975. <i>Geodesy</i> . London: Oxford University Press

	Geoinformasi minimal 80% dari keseluruhan materi yang diajarkan.		Geoinformasi.		<p>Mickhail, <i>et al. Surveying Theory and Practice</i>. New York: McGraw Hill</p> <p>Prihandito, A. 1988. <i>Proyeksi Peta</i>. Yogyakarta: PT. Kanisius.</p> <p>Soetoto, A. Setianto. 2005. <i>Geologi Citra Penginderaan Jauh</i>. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM</p>
2.	Mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan dan menjabarkan konsep dasar sistem koordinat minimal 80% dari keseluruhan materi yang diajarkan.	Sistem Koordinat	<p>1. Konsep dasar dan pengertian sistem koordinat.</p> <p>2. Pengertian dan aplikasi koordinat garis.</p>	4x50	<p>Bomford. 1975. <i>Geodesy</i>. London: Oxford University Press</p> <p>Mickhail, <i>et al. Surveying Theory and Practice</i>. New York: McGraw</p>

			<p>3. Pengertian dan aplikasi koordinat 2D.</p> <p>4. Pengertian dan aplikasi koordinat geografi.</p> <p>5. Pengertian dan aplikasi sistem koordinat kartesian.</p> <p>6. Pengertian dan aplikasi sistem koordinat geodetik.</p> <p>7. Pengertian dan aplikasi sistem koordinat geosentrik.</p> <p>8. Pengertian dan aplikasi sistem koordinat toposentrik.</p>		<p>Hill Prihandito, A. 1988. <i>Proyeksi Peta</i>. Yogyakarta: PT. Kanisius.</p> <p>Soetoto, A. Setianto. 2005. Geologi Citra Penginderaan Jauh. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM</p>
3.	Mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan dan menjabarkan	Geodesi Fisis	1. Pemahaman hubungan geoid dan		Bomford. 1975. <i>Geodesy</i> . London: Oxford

	konsep dasar geodesi fisis minimal 80% dari keseluruhan materi yang diajarkan.		<p>ellipsoid terkait hubungan msl dengan geoid dan ellipsoid.</p> <p>2. Pemahaman hubungan 2 titik dan arah meliputi azimuth dan jarak bola.</p> <p>3. Pemahaman notasi dan definisi bola meliputi lintang bujur dan garis geodesik.</p>		<p>University Press</p> <p>Mickhail, <i>et al.</i> <i>Surveying Theory and Practice.</i> New York: McGraw Hill</p> <p>Prihandito, A. 1988. <i>Proyeksi Peta.</i> Yogyakarta: PT. Kanisius.</p> <p>Soetoto, A. Setianto. 2005. <i>Geologi Citra Penginderaan Jauh.</i> Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM</p>
4.	Mahasiswa mampu menjelaskan dan menjabarkan konsep dan aplikasi sistem informasi geografis minimal 80% dari keseluruhan materi yang	Sistem Informasi Geografis	<p>1. Pengertian Sistem Informasi Geografis.</p> <p>2. Pemahaman aplikasi sederhana Sistem Informasi Geografis.</p>	3x50	<p>Bomford. 1975. <i>Geodesy.</i> London: Oxford University Press</p> <p>Mickhail, <i>et al.</i> <i>Surveying Theory and Practice.</i></p>

	diajarkan.					New York: McGraw Hill Prihandito, A. 1988. <i>Proyeksi Peta</i> . Yogyakarta: PT. Kanisius. Soetoto, A. Setianto. 2005. Geologi Citra Penginderaan Jauh. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM
5.	Mahasiswa mampu menjelaskan dan menjabarkan konsep dan aplikasi penginderaan jauh minimal 80% dari keseluruhan materi yang diajarkan.	Penginderaan Jauh	1. Pengertian dan konsep dasar penginderaan jauh. 2. Pengertian dan aplikasi dari berbagai macam sistem satelit penginderaan jauh.	3x150	Bomford. 1975. <i>Geodesy</i> . London: Oxford University Press Mickhail, <i>et al.</i> <i>Surveying Theory and Practice</i> . New York: McGraw Hill Prihandito, A. 1988.	

						<i>Proyeksi Peta.</i> Yogyakarta: PT. Kanisius. Soetoto, A. Setianto. 2005. Geologi Citra Penginderaan Jauh. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM
6.	Mahasiswa mampu menjelaskan dan menjabarkan konsep dan aplikasi sistem basis data minimal 80% dari keseluruhan materi yang diajarkan.	Sistem Basis Data	1. Pengertian dan konsep dasar sistem basis data. 2. Pengertian dan aplikasi sistem manajemen basis data	2x150	Bomford. 1975. <i>Geodesy</i> . London: Oxford University Press Mickhail, <i>et al.</i> <i>Surveying Theory and Practice</i> . New York: McGraw Hill Prihandito, A. 1988. <i>Proyeksi Peta.</i> Yogyakarta: PT. Kanisius.	

						Soetoto, A. Setianto. 2005. Geologi Citra Penginderaan Jauh. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM
--	--	--	--	--	--	--

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 1

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman Geodesi, Geomatika dan Geoinformasi serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Pendahuluan diharapkan mahasiswa mampu:

- Menjelaskan sejarah dan konsep awal geodesi, geomatika dan geoinformasi.
- Menjelaskan manfaat dan kegunaan geodesi, geomatika dan geoinformasi.
- Penjabaran cabang keilmuan geodesi, geomatika dan geoinformasi beserta bidang kajiannya..

B. Pokok Bahasan: Pendahuluan.

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Penjelasan Pokok-Pokok Bahasan Pengantar Geodesi.

2. Penjelasan sejarah dan konsep awal geodesi, geomatika dan geoinformasi.

3. Penjelasan manfaat dan kegunaan geodesi, geomatika dan geoinformasi.

4. Penjelasan penjabaran cabang keilmuan geodesi, geomatika dan geoinformasi beserta bidang kajiannya penjabaran

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan pokok-pokok bahasan Pengantar Geodesi. 2. Menjelaskan Manfaat mempelajari Pengantar Geodesi. 3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penyajian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan sejarah dan konsep awal geodesi, geomatika dan geoinformasi. 2. Menjelaskan arti manfaat dan kegunaan geodesi, geomatika dan geoinformasi. 3. Memberikan penjabaran cabang keilmuan geodesi, geomatika dan geoinformasi beserta bidang kajiannya.. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board

	kuliah yang akan datang.		
--	--------------------------	--	--

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press

Mikhail, *et al.* *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill

Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 2

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman pada konsep dasar sistem koordinat serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Sistem Koordinat diharapkan mahasiswa mampu:

- Menjabarkan pengertian dan implementasi dari konsep sistem koordinat.
- Mampu mendefinisikan dan menjabarkan setiap metode penentuan posisi horisontal.
- Memahami implementasi dari setiap sistem koordinat yang digunakan dalam kajian ilmu geodesi, geomatika dan geoinformasi.

B. Pokok Bahasan: Sistem Koordinat

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Penjelasan konsep dasar dan pengertian sistem koordinat.
2. Pengertian dan aplikasi koordinat garis.
3. Pengertian dan aplikasi koordinat 2D.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	Menjelaskan pokok bahasan sistem koordinat. Menjelaskan manfaat mempelajari sistem koordinat.	1. Memperhatikan. 2. Diskusi.	OHP, OHT, White Board.
Penyajian	1. Penjelasan konsep dasar dan pengertian sistem koordinat. 2. Pengertian dan aplikasi koordinat garis. 3. Pengertian dan aplikasi koordinat 2D.	1. Memperhatikan. 2. Diskusi.	OHP, OHT, White Board.
Penutup	1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang.	1. Memperhatikan. 2. Diskusi.	OHP, OHT, White Board.

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

- Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press
- Mickhail, et al. *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill
- Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.
- Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 3

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman pada konsep dasar sistem koordinat serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Sistem Koordinat diharapkan mahasiswa mampu:

1. Menjabarkan pengertian dan implementasi dari konsep sistem koordinat.
2. Mampu mendefinisikan dan menjabarkan setiap metode penentuan posisi horisontal.
3. Memahami implementasi dari setiap sistem koordinat yang digunakan dalam kajian ilmu geodesi, geomatika dan geoinformasi.

B. Pokok Bahasan: Sistem Koordinat

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Penjelasan pengertian dan aplikasi sistem koordinat geografi.
2. Penjelasan pengertian dan aplikasi sistem koordinat kartesian.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan pokok bahasan sistem koordinat. 2. Menjelaskan manfaat mempelajari sistem koordinat. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penyajian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penjelasan pengertian dan aplikasi sistem koordinat geografi. 2. Penjelasan pengertian dan aplikasi sistem koordinat kartesian. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press

Mickhail, *et al*. *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill

Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 4

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman pada Kerangka Kontrol Geodesi serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Sistem Koordinat diharapkan mahasiswa mampu:

1. Menjabarkan pengertian dan implementasi dari konsep sistem koordinat.
2. Mampu mendefinisikan dan menjabarkan setiap metode penentuan posisi horisontal.
3. Memahami implementasi dari setiap sistem koordinat yang digunakan dalam kajian ilmu geodesi, geomatika dan geoinformasi.

B. Pokok Bahasan: Sistem Koordinat

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Penjelasan pengertian dan aplikasi sistem koordinat geodetik.
2. Penjelasan pengertian dan aplikasi sistem koordinat geosentrik.
3. Penjelasan pengertian dan aplikasi sistem koordinat toposentrik.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan pokok bahasan sistem koordinat. 2. Menjelaskan manfaat mempelajari sistem koordinat. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penyajian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penjelasan pengertian dan aplikasi sistem koordinat geodetik. 2. Penjelasan pengertian dan aplikasi sistem koordinat geosentrik. 3. Penjelasan pengertian dan aplikasi sistem koordinat toposentrik. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

- Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press
Mickhail, *et al.* *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill
Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.
Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 5

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman konsep dasar Geodesi Fisis terutama terkait hubungan antara geoid dan ellipsoid serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Ellipsoid Referensi diharapkan mahasiswa mampu:

1. Pemahaman hubungan geoid dan ellipsoid terkait hubungan msl dengan geoid dan ellipsoid.
2. Pemahaman hubungan 2 titik dan arah meliputi azimuth dan jarak bola.

-
3. Pemahaman notasi dan definisi bola meliputi lintang bujur dan garis geodesik.

B. Pokok Bahasan: Geodesi Fisis

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Pengertian konsep dasar geodesi fisis beserta implementasinya.
2. Hubungan geoid dan ellipsoid terkait hubungan msl dengan geoid dan ellipsoid.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	1. Menjelaskan pokok bahasan geodesi fisis. 2. Menjelaskan manfaat mempelajari geodesi fisis.	1. Memperhatikan 2. Diskusi	OHP, OHT, White Board
Penyajian	1. Pengertian konsep dasar geodesi fisis beserta implementasinya. 2. Hubungan geoid dan ellipsoid terkait hubungan msl dengan geoid dan ellipsoid.	1. Memperhatikan 2. Diskusi	OHP, OHT, White Board
Penutup	1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang.	1. Memperhatikan 2. Diskusi	OHP, OHT, White Board

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press

Mickhail, *et al.* *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill

Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 6

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman konsep dasar Geodesi Fisis terutama terkait hubungan antara geoid dan ellipsoid serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Ellipsoid Referensi diharapkan mahasiswa mampu:

1. Pemahaman hubungan geoid dan ellipsoid terkait hubungan msl dengan geoid dan ellipsoid.
2. Pemahaman hubungan 2 titik dan arah meliputi azimuth dan jarak bola.
3. Pemahaman notasi dan definisi bola meliputi lintang bujur dan garis geodesik.

B. Pokok Bahasan: Reduksi Pengukuran Azimuth

C. Sub-Pokok-Bahasan :

1. Hubungan 2 titik dan arah meliputi azimuth dan jarak bola.
2. Notasi dan definisi bola meliputi lintang bujur dan garis geodesik.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	1. Menjelaskan pokok	1. Memperhati	OHP, OHT, .

	bahasan geodesi fisis. 2. Menjelaskan manfaat mempelajari geodesi fisis.	kan 2. Diskusi	White Board
Penyajian	1. Hubungan 2 titik dan arah meliputi azimuth dan jarak bola. 2. Notasi dan definisi bola meliputi lintang bujur dan garis geodesik.	1. Memperhatikan 2. Diskusi	OHP, OHT, White Board
Penutup	1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang.	1. Memperhatikan. 2. Diskusi.	OHP, OHT, White Board

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

- Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press
- Mickhail, *et al.* *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill
- Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.
- Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 7

B. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman Sistem Basis Data serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Sistem Basis Data diharapkan mahasiswa mampu:

1. Memahami pengertian dan konsep dasar sistem basis data.
2. Mampu menjabarkan konsep sistem manajemen basis data.
3. Mampu menjelaskan berbagai macam implementasi sistem basis data..

C. Pokok Bahasan: Sistem Basis Data

D. Sub Pokok Bahasan :

1. Penjelasan dan pemahaman pengertian dan konsep dasar sistem basis data.
2. Penjelasan dan pemahaman macam-macam struktur sistem basis data.
3. Penjelasan dan pemahaman keuntungan dan kerugian didalam sistem basis data.

E. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	1. Menjelaskan pokok bahasan sistem basis data. 2. Menjelaskan manfaat mempelajari sistem basis	1. Memperhatikan 2. Diskusi	OHP, OHT, White Board

	data.		
Penyajian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penjelasan dan pemahaman pengertian dan konsep dasar sistem basis data. 2. Penjelasan dan pemahaman macam-macam struktur sistem basis data. 3. Penjelasan dan pemahaman keuntungan dan kerugian didalam sistem basis data. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board

F. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

G. Referensi:

Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press

Mickhail, *et al.* *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill

Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 8

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman pada Kerangka Kontrol Geodesi serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus :

Setelah mengikuti *mid-term test* (UTS) diharapkan mahasiswa mampu memahami materi kuliah yang telah diberikan sejak minggu ke-1 hingga minggu ke-7.

B. Pokok Bahasan: -

C. Sub Pokok Bahasan: -

D. Kegiatan Belajar Mengajar

E. Evaluasi:

Menganalisis seberapa jauh tingkat penyerapan materi kuliah berdasarkan hasil *mid-term test* (UTS), tugas dan tingkat keaktifan mahasiswa selama masa perkuliahan.

F. Referensi:-

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 9

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman Sistem Basis Data serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Sistem Basis Data diharapkan mahasiswa mampu:

1. Memahami pengertian dan konsep dasar sistem basis data.
2. Mampu menjabarkan konsep sistem manajemen basis data.
3. Mampu menjelaskan berbagai macam implementasi sistem basis data.

B. Pokok Bahasan: Sistem Basis Data

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Penjelasan konsep tiga skema arsitektur sistem basis data.
2. Penjelasan pembagian struktur sistem basis data beserta keuntungan dan kerugian implementasinya.
3. Penjelasan penerapan implementasi struktur basis data secara sederhana.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan pokok bahasan sistem basis data. 2. Menjelaskan manfaat mempelajari sistem basis data. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penyajian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penjelasan konsep tiga skema arsitektur sistem basis data. 2. Penjelasan pembagian struktur sistem basis data beserta keuntungan dan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board

	kerugian implementasinya. 3. Penjelasan penerapan implementasi struktur basis data secara sederhana.		
Penutup	1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang.	1. Memperhatikan 2. Diskusi	OHP, OHT, White Board

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press

Mickhail, *et al.* *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill

Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 10

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman Sistem Basis Data serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Sistem Basis Data diharapkan mahasiswa mampu:

1. Memahami pengertian dan konsep dasar sistem basis data.
2. Mampu menjabarkan konsep sistem manajemen basis data.
3. Mampu menjelaskan berbagai macam implementasi sistem basis data.

B. Pokok Bahasan: Sistem Basis Data

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Menjelaskan konsep dasar sistem manajemen basis data.
2. Menjelaskan struktur sistem manajemen basis data.
3. Menjelaskan implementasi sistem manajemen basis data secara sederhana.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan pokok bahasan sistem basis data. 2. Menjelaskan manfaat mempelajari sistem basis data. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penyajian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan konsep dasar sistem manajemen basis data. 2. Menjelaskan struktur sistem manajemen basis data. 3. Menjelaskan implementasi sistem manajemen basis data secara sederhana. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White

	diskusi dan tugas.		Board
	3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang.		

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press

Mickhail, *et al.* *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill

Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 11

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman pada Sistem Informasi Geografis serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Sistem Informasi Geografis diharapkan mahasiswa mampu:

1. Pengertian Sistem Informasi Geografis.
2. Pemahaman aplikasi sederhana Sistem Informasi Geografis.

B. Pokok Bahasan: Sistem Informasi Geografis

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Pengertian Sistem Informasi Geografis.

2. Pemahaman aplikasi sederhana Sistem Informasi Geografis.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	1. Menjelaskan pokok bahasan Sistem Informasi Geografis 2. Menjelaskan manfaat mempelajari Sistem Informasi Geografis.	1. Memperhatikan 2. Diskusi	OHP, OHT, White Board
Penyajian	1. Pengertian Sistem Informasi Geografis. 2. Pemahaman aplikasi sederhana Sistem Informasi Geografis.	1. Memperhatikan 2. Diskusi	OHP, OHT, White Board
Penutup	1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang.	1. Memperhatikan 2. Diskusi	OHP, OHT, White Board

G. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

H. Referensi:

Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press

Mickhail, et al. *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill

Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 12

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman pada Sistem Informasi Geografis serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Sistem Informasi Geografis diharapkan mahasiswa mampu:

1. Pengertian Sistem Informasi Geografis.

2. Pemahaman aplikasi sederhana Sistem Informasi Geografis.

B. Pokok Bahasan: Sistem Informasi Geografis.

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Pemahaman aplikasi sederhana Sistem Informasi Geografis.

2. Penjelasan alur kerja Sistem Informasi Geografis berdasarkan konsep dasar Geodesi dan Geomatika.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	1. Menjelaskan pokok bahasan Sistem Informasi Geografis	1. Memperhatikan	OHP,
	2. Menjelaskan manfaat mempelajari Sistem Informasi Geografis.	2. Diskusi	OHT, White Board
Penyajian	1. Pemahaman aplikasi sederhana Sistem Informasi Geografis.	1. Memperhatikan	OHP,
	2. Penjelasan alur kerja Sistem	2. Diskusi	OHT, White

	Informasi Geografis berdasarkan konsep dasar Geodesi dan Geomatika.		Board
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press

Mickhail, *et al.* *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill

Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 13

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman pada Sistem Informasi Geografis serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Sistem Informasi Geografis diharapkan mahasiswa mampu:

1. Pengertian Sistem Informasi Geografis.
2. Pemahaman aplikasi sederhana Sistem Informasi Geografis.

B. Pokok Bahasan: Sistem Informasi Geografis.

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Menjelaskan interaksi pemetaan digital dan sistem basis data berdasarkan konsep geocoding.
2. Menjelaskan implementasi sistem informasi geografis dalam keterkaitannya dengan penginderaan jauh, pemetaan digital dan basis data.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan pokok bahasan Sistem Informasi Geografis. 2. Menjelaskan manfaat mempelajari Sistem Informasi Geografis. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penyajian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan interaksi pemetaan digital dan sistem basis data berdasarkan konsep geocoding. 2. Menjelaskan implementasi sistem informasi geografis dalam keterkaitannya 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board

	dengan penginderaan jauh, pemetaan digital dan basis data.		
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press

Mickhail, *et al.* *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill

Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 14

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman pada Penginderaan Jauh serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Sistem Informasi Geografis diharapkan mahasiswa mampu:

1. Pengertian dan konsep dasar penginderaan jauh.
2. Pengertian dan aplikasi dari berbagai macam sistem satelit penginderaan jauh.

B. Pokok Bahasan: Penginderaan Jauh.

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Pengertian dan konsep dasar penginderaan jauh.
2. Pengertian dan aplikasi dari berbagai macam sistem satelit penginderaan jauh.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan pokok bahasan penginderaan jauh. 2. Menjelaskan manfaat mempelajari penginderaan jauh. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penyajian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengertian dan konsep dasar penginderaan jauh. 2. Pengertian dan aplikasi dari berbagai macam sistem satelit penginderaan jauh. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board

	umum tentang materi kuliah yang akan datang.		
--	--	--	--

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press

Mickhail, *et al.* *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill

Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 15

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman pada Penginderaan Jauh serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Sistem Informasi Geografis diharapkan mahasiswa mampu:

1. Pengertian dan konsep dasar penginderaan jauh.
2. Pengertian dan aplikasi dari berbagai macam sistem satelit penginderaan jauh.

B. Pokok Bahasan: Penginderaan Jauh

C. Sub Pokok Bahasan :

1. Penjelasan macam-macam resolusi yang terdapat dalam sistem penginderaan jauh.
2. Penjelasan perkembangan teknologi penginderaan jauh terkini.

D. Kegiatan Belajar Mengajar :

Tahap	Kegiatan Pengajaran	Kegiatan Mahasiswa	Media
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan pokok bahasan penginderaan jauh. 2. Menjelaskan manfaat mempelajari penginderaan jauh. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penyajian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penjelasan macam-macam resolusi yang terdapat dalam sistem penginderaan jauh. 2. Penjelasan perkembangan teknologi penginderaan jauh terkini. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merangkum materi yang telah disampaikan. 2. Memberikan pertanyaan, diskusi dan tugas. 3. Memberikan gambaran umum tentang materi kuliah yang akan datang. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperhatikan 2. Diskusi 	OHP, OHT, White Board

E. Evaluasi:

Melakukan diskusi dan tanya jawab secara bersama-sama untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi kuliah.

F. Referensi:

Bomford. 1975. *Geodesy*. London: Oxford University Press

Mikhail, *et al. Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw Hill

Prihandito, A. 1988. *Proyeksi Peta*. Yogyakarta: PT. Kanisius.

Soetoto, A. Setianto. 2005. *Geologi Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Teknik Geologi FT UGM

Mata Kuliah : Pengantar Geodesi (PG)

Kode Mata Kuliah : TGD 108-2 SKS

Waktu Pertemuan : 2x50 menit (100 Menit)

Pertemuan Minggu : 16

A. Tujuan :

1. Tujuan Instruksional Umum

Di akhir perkuliahan diharapkan mahasiswa memperoleh wawasan dan pemahaman pada Kerangka Kontrol Geodesi serta dapat mengimplementasikannya secara tepat.

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan *Final Test* diharapkan mahasiswa mampu memahami materi kuliah yang telah diberikan sejak minggu ke-1 hingga minggu ke-15.

B. Pokok Bahasan: *Final Test* (UAS)

C. Sub Pokok Bahasan : -

D. Kegiatan Belajar Mengajar: -

E. Evaluasi:

Menganalisis seberapa jauh tingkat penyerapan materi kuliah berdasarkan hasil *final test* (UAS), *mid-term test* (UTS), tugas dan tingkat keaktifan mahasiswa selama masa perkuliahan.

F. Referensi: -

KONTRAK PERKULIAHAN
GBPP – SAP
PEMETAAN FOTOGRAMETRI



OLEH :

1. Ir. Bambang Sudarsono, MS
2. Ir. Hani'ah

PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

KONTRAK PERKULIAHAN (PEDOMAN PERKULIAHAN MAHASISWA)

Judul Mata Kuliah : **PEMETAAN FOTOGRAMETRI**
Kode Mata Kuliah : TGD 116P / 2 SKS
Dosen Pengampu : 1. Ir. Bambang Sudarsono, MS
2. Ir. Hani'ah
3. Ir. Sawitri Subiyanto, M.Si
Hari Tanggal Pertemuan : Minggu I , Semester III
Tempat Pertemuan : Ruang Kuliah B. 302 Teknik Geodesi FT. UNDIP

A. MANFAAT KULIAH

Peta adalah gambaran dari sebagian atau seluruh permukaan bumi diatas bidang datar dengan skala tertentu. Berdasarkan bentuknya peta dapat dibagi dalam 3 macam yaitu : Peta Garis, Peta Foto dan Peta Digital. Pembuatan Peta dapat dilakukan dengan metode terestris, metode fotogrametris dan metode penginderaan jauh (*Remote Sensing*). Pada pembuatan peta dengan metode fotogrametri data utama berupa foto udara vertikal yang diperoleh dengan melakukan pemotretan udara. Selanjutnya dengan serangkaian kegiatan, foto udara dapat diproses menjadi produk akhir berupa peta garis, peta foto dan peta digital.

Mata kuliah pemetaan fotogrametri akan membahas secara mendetail tahap pembuatam peta mulai dari pengambilan data di lapangan, pemotretan udara, pengadaan dan pengukuran titik kontrol tanah, triangulasi udara dan proses pembuatan peta sampai menjadi petas sesuai produk yang diinginkan. Selain itu juga akan menguraikan gambaran umum mengenai interpretasi foto udara yaitu suatu rangkaian kegiatan penting untuk memperoleh informasi dari foto udara yang dapat dipergunakan untuk keperluan pemetaan dan keperluan lainnya.

Manfaat dari mata kuliah pemetaan fotogrametri adalah agar mahasiswa memahami konsep dasar pembuatan peta metode fotogrametri dan dapat memperoleh keterampilan dalam melakukan interpretasi foto udara.

B. DESKRIPSI MASALAH

Mata kuliah pemetaan fotogrametri memberikan pengetahuan tentang : geometri foto udara, pemotretan udara, pengukuran titik kontrol tanah, proses triangulasi udara, pembuatan peta garis, peta foto dan peta digital. Selain itu juga memberikan konsep kartografi pada pembuatan peta garis, peta foto dan peta digital serta reproduksi peta dan praktikum interpretasi foto udara.

C. TUJUAN INSTRUKSIONAL

Pada akhir perkuliahan pemetaan fotogrametri mahasiswa diharapkan akan mampu dan memiliki keterampilan dalam hal :

1. Merencanakan pekerjaan pemotretan udara
2. Membuat konsep isi peta sesuai kaidah kartografi
3. Menggunakan stereoskop untuk pekerjaan interpretasi foto udara.
4. Membuat peta detail dan garis kontur berdasarkan data paralaks.
5. Menentukan kemiringan lahan dengan menggunakan data paralaks foto udara
6. Memahami konsep dasar restitusi (orientasi) foto udara.

D. STRATEGI PERKULIAHAN

Metode perkuliahan adalah ceramah, diskusi dan kerja kelompok. Agar mahasiswa dapat menganalisa dan menerapkan ilmunya pada pekerjaan pemetaan, maka dalam membuat tugas dapat diambilkan dari beberapa contoh / kasus yang nyata khususnya pada pekerjaan pemetaan dengan metode fotogrametri.

Selain itu mahasiswa diberi tugas untuk praktek :

1. Perencanaan pemotretan udara.
2. Interpretasi foto udara dengan stereoskop.
3. Restitusi foto udara dengan melakukan orientasi relatif pada stereoplotter.

E. MATERI KULIAH

1. Avery, T. Eugene, 1990, " *Penafsiran Potret Udara*", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R.,1997, " *Dasar - Dasar Pengukuran Tanah* ", Erlangga, Jakarta.

3. Ligterink, G.H, 1987 "*Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara* ", UI – Press, Jakarta.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, "*Photogrammetry*", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, "*Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan* ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, "*Element of Photogrametry* ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

F. TUGAS

1. Kuliah dimulai sesuai dengan jadwal kuliah, sebelum mulai kuliah mahasiswa diharapkan sudah membaca dan mempelajari modul, diktat dan buku bacaan kuliah sesuai dengan yang diajarkan.
2. Mahasiswa akan diberi Tugas Praktikum Interpretasi Foto Udara dan menentukan kelerengan lahan dengan alat Stereoskop.
3. Ujian Tengah Semester (UTS) dilakukan sesuai jadwal yang di tentukan dari Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP.
4. Pada akhir kuliah dilakukan Ujian Akhir Semester (UAS)
5. Hasil Praktikum Penggunaan Stereoskop dikumpulkan sebelum Ujian Akhir Semester dilaksanakan.

G. KRITERIA PENILAIAN / EVALUASI

Kriteria penilaian dalam kuliah pemetaan fotogrametri adalah sebagai berikut :

A = 4,0

AB= 3,5

B = 3,0

BC= 2,5

C = 2.0

D = 1,0

E = 0,0

Komponen yang akan digunakan untuk penentuan nilai ujian akhir adalah sebagai berikut :

1. Tugas Praktikum : 20 %
2. Ujian Tengah Semester : 30 %
3. Ujian Akhir Semester : 50 %

H. JADWAL PERKULIAHAN

Minggu ke	Pokok bahasan	Sub Pokok bahasan	Pustaka
1	Pemetaan fotogrametri : Pendahuluan	1. Definisi 2. Konsep Pemetaan Fotogrametri 3. Perbedaan Foto udara dan Peta Garis	4, 5, 6
2	Geometri foto udara	1. Tanda Tepi Foto Udara 2. Skala Foto Udara 3. Koordinat Foto Udara 4. Pergeseran Relief	4, 5, 6
3	Penggunaan stereoskop untuk pembuaatn peta sederhana	1. Perhitungan Beda Tinggi dengan Paralaks 2. Pengukuran Beda Tinggi dengan Stereoskop	3, 4, 5, 6
4	Pemotretan udara	1. Unsur-unsur Pemotretan Udara 2. Pesawat Terbang, Film & Kamera Udara 3. Perencanaan Pemotretan Udara 4. Pelaksanaan 5. Proses Fotografis	4, 5, 6
5	Pengadaan Titik Kontrol Tanah (TKT)	1. Distribusi TKT 2. Premark & Benchmark 3. Pengukuran TKT 4. Pengolahan Data	2, 4, 5, 6
6	Triangulasi Udara <i>Aerial Triangulation</i> (AT)	1. Prinsip Dasar AT 2. Macam-macam Metode AT	2, 3, 4, 6
7	Pelaksanaan dan pengolahan data AT	1. Pengumpulan Data 2. Pengolahan Data 3. Hitung Perataan	2, 3, 4, 6

Minggu ke	Pokok bahasan	Sub Pokok bahasan	Pustaka
8	Ujian Tengah Semester	Semua Bahan yang pernah diajarkan	1, 2, 3, 4, 5, 6
9	Proses pemetaan fotogrametri dengan stereoplotter	1. Orientasi Relatif 2. Orientasi Absolut 3. Pembuatan Peta Garis	3, 4, 6
10	Pembuatan peta foto	1. Rektifikasi 2. Ortofoto 3. Peralatan untuk Pembuatan Peta Foto	3, 4, 6
11	Pembuatan peta digital	1. Peralatan Pembuatan Peta Digital 2. Konfigurasi Alat 3. Pembuatan Peta Digital	3, 4, 6
12	Proses kartografi pada peta foto	1. Pembuatan Mozaik 2. Desain tata letak Peta Foto 3. Reproduksi Peta Foto	3, 4, 5, 6
13	Proses kartografi pada peta garis dan peta digital	1. Pembuatan Informasi Tepi Peta 2. Desain Tata Letak Peta 3. Reproduksi Peta Garis 4. Reproduksi Peta Digital	3, 4, 5, 6
14	Interpretasi Foto Udara (IFU)	1. Dasar-dasar IFU 2. Kunci IFU 3. Tahap IFU	1, 3, 4, 6
15	Pembuatan laporan IFU	1. Pengolahan Data IFU 2. Penyajian Laporan IFU	1, 3, 4, 6
16	Ujian Akhir Semester (UAS)	Bahan UAS Semua Materi yang diajarkan	1, 2, 3, 4, 5, 6

GARIS BESAR PROGRAM PERKULIAHAN (GBPP)

- Mata Kuliah** : **PEMETAAN FOTOGRAMETRI**
- Kode Mata Kuliah/ SKS** : TGD 116P/ 2 SKS
- Waktu Pertemuan** : 100 Menit
- Diskripsi Singkat** : Pemetaan Fotogrametri mencakup penjelasan tentang geometri foto udara, pemotretan udara, pengukuran titik kontrol tanah, proses triangulasi udara, pembuatan peta garis, peta foto dan peta digital.
- Tujuan Instruksional Umum** : Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri diharapkan mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan pengertian Geometri Foto Udara, Pemotretan Udara, Prinsip dasar pemetaan metode fotogrametri.

No	Tujuan Instruksional Khusus	Pokok Bahasan	Sub Pokok Bahasan	Estimasi Waktu	Pustaka
1	2	3	4	5	6
1.	Mahasiswa dapat memahami konsep pemetaan fotogrametri.	Pengertian pemetaan fotogrametri.	1. Definisi 2. Konsep Pemetaan Fotogrametri 3. Perbedaan Foto udara dan Peta Garis	1x100 menit	
2.	Mahasiswa dapat memahami Geometri Foto Udara dan praktek penggunaan alat Stereoskop untuk interpretasi foto udara.	- Geometri foto udara. - Penggunaan Stereoskop untuk Interpretasi Foto Udara.	1. Tanda Tepi Foto Udara 2. Skala Foto Udara 3. Koordinat Foto Udara 4. Pergeseran Relief 5. Perhitungan Beda Tinggi dengan Paralaks 6. Pengukuran Beda Tinggi dengan Stereoskop	2x100 menit	
3.	Mahasiswa dapat menjelaskan dan membuat perencanaan pemotretan udara.	Pemotretan udara.	1. Unsur-unsur Pemotretan 2. Pesawat Terbang, Film & Kamera Udara	1x100 menit	

			<ol style="list-style-type: none"> Perencanaan Pemotretan Udara Pelaksanaan Proses Fotografis 		
4.	Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan tentang pentingnya titik kontrol arahan.	Pengadaan Titik Kontrol Tanah (TKT)	<ol style="list-style-type: none"> Distribusi TKT Premark & Benchmark Pengukuran TKT Pengolahan Data 	1x100 menit	
5.	Mahasiswa dapat menjelaskan dasar-dasar Triangulasi Udara.	Triangulasi udara (Aerial Triangulation / AT)	<ol style="list-style-type: none"> Prinsip Dasar AT Macam-macam Metode AT Pengumpulan Data AT Pengolahan Data AT Perataan AT 	2x100 menit	
6.	Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan prinsip atau dasar pembuatan peta garis, peta foto dan peta digital.	<ul style="list-style-type: none"> Proses pembuatan peta. Orientasi relatif. 	<ol style="list-style-type: none"> Orientasi Relatif Orientasi Absolut Pembuatan Peta Garis Rektifikasi Ortofoto Peralatan untuk Pembuatan Peta Foto Peralatan Pembuatan Peta Digital Konfigurasi Alat Pembuatan Peta Digital 	3x100 menit	
7.	Mahasiswa dapat menjelaskan proses pembuatan mosaik, pembuatan desain tata letak peta.	Proses kartografi pada pemetaan fotogrametri.	<ol style="list-style-type: none"> Pembuatan Mozaik Desain tata letak Peta Foto Reproduksi Peta Foto Pembuatan Informasi Tepi Peta Desain Tata Letak Peta Reproduksi Peta Garis Reproduksi Peta Digital 	2x100 menit	
8.	Mahasiswa dapat melakukan Kegiatan Interpretasi Foto Udara	Interpretasi Foto Udara	<ol style="list-style-type: none"> Dasar-dasar IFU Kunci IFU Tahap IFU Pengolahan Data IFU Penyajian Laporan IFU 	2x100 menit	

DAFTAR PUSTAKA

1. Avery, T. Eugene, 1990, "**Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, "**Dasar-Dasar Pengukuran Tanah**", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, "**Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara**", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, "**Photogrammetry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, "**Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan**", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, "**Element of Photogrammetry**", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : **PEMETAAN FOTOGRAMETRI**
 Kode Mata Kuliah/ SKS : **TGD 116P / 2 SKS**
 Waktu Pertemuan : **100 Menit**
 Pertemuan : **1**

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan Fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan pengertian pemetaan fotogrametri, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan Konsep Foto Udara
- Menjelaskan Konsep Pemetaan Fotogrametri
- Menjelaskan Jenis Peta hasil Pemetaan Fotogrametri

B. **POKOK BAHASAN** : Pengertian Pemetaan Fotogrametri

C. **SUB POKOK BAHASAN** :

1. Definisi Fotogrametri
2. Konsep Pemetaan Fotogrametri
3. Perbedaan Foto Udara dan Peta Garis

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan cakupan Pemetaan Fotogrametri 2. Menjelaskan manfaat mempelajari Pemetaan Fotogrametri 3. Menjelaskan Kompetensi TIU dan TIK	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker
Penyajian	1. Menjelaskan Konsep Pemetaan Fotogrametri 2. Menjelaskan Relevansi Pemetaan Fotogrametri dan ilmu lainnya 3. Menjelaskan terminologi	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

	penting		
Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah pada minggu yang akan datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dalam kelompok kecil dan diskusi bersama untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, " **Dasar-Dasar Pengukuran Tanah** ", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, " **Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrammetry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : PEMETAAN FOTOGRAMETRI
 Kode Mata Kuliah/ SKS : TGD 116P / 2 SKS
 Waktu Pertemuan : 100 Menit
 Pertemuan : 2

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Geometri Foto Udara, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan Kegunaan Tanda Tepi Foto Udara.
- Menjelaskan Skala Foto Udara.
- Menjelaskan Jenis jenis kesalahan yang terjadi pada Foto Udara.

B. POKOK BAHASAN : Geometri Foto Udara

C. SUB POKOK BAHASAN :

1. Tanda Tepi Foto Udara
2. Skala Foto Udara
3. Koordinat Foto Udara
4. Pergeseran Relief

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan Geometri Foto Udara	Memperhatikan	OHP/ Transp
	2. Menjelaskan manfaat mempelajari foto udara	Menulis	White board
	3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK	Memberikan respon	Spidol
		Mengajukan	Modul
		Pertanyaan	Jurnal
			Speaker
Penyajian	1. Menjelaskan geometri foto udara, konsep skala foto udara & kesalahan yang ada pada foto udara.	Memperhatikan	OHP/ Transp
	2. Menjelaskan relevansi	Menulis	White board
		Memberikan respon	Spidol
		Mengajukan	Modul
		Pertanyaan	Jurnal

	Foto Udara dan Ilmu lainnya 3. Menjelaskan terminologi penting		Speaker
Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / perhitungan tentang skala foto udara dan pergeseran relief untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, " **Dasar-dasar Pengukuran Tanah** ", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, " **Dasar-dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : PEMETAAN FOTOGRAMETRI
 Kode Mata Kuliah/ SKS : TGD 116P / 2 SKS
 Waktu Pertemuan : 100 Menit
 Pertemuan : 3

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan penggunaan stereoskop untuk interpretasi foto udara, diharapkan mahasiswa dapat :

- Memahami cara penggunaan stereoskop
- Menjelaskan perhitungan beda tinggi dengan rumus beda paralaks
- Menghitung beda tinggi titik detail
- Membuat Peta sederhana dari foto udara

B. POKOK BAHASAN : Penggunaan Stereoskop untuk pembuatan peta sederhana

C. SUB POKOK BAHASAN :

1. Perhitungan beda tinggi dengan paralaks
2. Pengukuran beda tinggi dengan menggunakan alat stereoskop

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan cakupan cara penggunaan stereoskop	Memperhatikan Menulis	OHP/ Transp White board
	2. Menjelaskan manfaat mempelajari penggunaan Stereoskop	Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	Spidol Modul Jurnal Speaker
	3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK		
Penyajian	1. Menjelaskan cara pengukuran beda paralaks	Memperhatikan Menulis	OHP/ Transp White board
	2. Menjelaskan cara perhitungan beda tinggi dengan data ukur beda paralaks	Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	Spidol Modul Jurnal

	3. Menjelaskan terminologi penting		Speaker
Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang akan datang.	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / perhitungan beda tinggi dengan menggunakan rumus beda paralaks untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, "**Dasar-Dasar Pengukuran Tanah** ", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, "**Dasar-dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : **PEMETAAN FOTOGRAMETRI**
 Kode Mata Kuliah/ SKS : **TGD 116P / 2 SKS**
 Waktu Pertemuan : **100 Menit**
 Pertemuan : **4**

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan penggunaan stereoskop untuk interpretasi foto udara, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan unsur-unsur pemotretan udara
- Perencanaan Pemotretan Udara
- Pelaksanaan Pemotretan Udara

B. **POKOK BAHASAN** : Pemotretan Udara

C. **SUB POKOK BAHASAN** :

1. Unsur-unsur Pemotretan
2. Pesawat Terbang, Film & Kamera
3. Perencanaan Pemotretan Udara
4. Pelaksanaan Pemotretan Udara
5. Proses Fotografis

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan Pemotretan Udara	Memperhatikan	OHP/ Transp
	2. Menjelaskan manfaat mempelajari pemotretan udara	Menulis	White board
	3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK	Memberikan respon	Spidol
		Mengajukan	Modul
		Pertanyaan	Jurnal
			Speaker
Penyajian	1. Menjelaskan dasar-dasar pemotretan udara	Memperhatikan	OHP/ Transp
	2. Menjelaskan perencanaan dan pelaksanaan	Menulis	White board
		Memberikan respon	Spidol
		Mengajukan	Modul

	pemotretan udara 3. Menjelaskan terminologi penting	Pertanyaan	Jurnal Speaker
Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang akan datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / latihan pembuatan perencanaan pemotretan udara untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, "**Dasar-Dasar Pengukuran Tanah**", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, "**Dasar-dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : **PEMETAAN FOTOGRAMETRI**
 Kode Mata Kuliah/ SKS : TGD 116P / 2 SKS
 Waktu Pertemuan : 100 Menit
 Pertemuan : 5

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Pengadaan Titik Kontrol Tanah , diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan pengertian Titik Kontrol Tanah
- Menjelaskan Distribusi Titik Kontrol Tanah
- Menjelaskan manfaat premark dan benchmark
- Menjelaskan metode pengukuran Titik Kontrol Tanah Horisontal dan Vertikal

B. POKOK BAHASAN : Pengadaan Titik Kontrol Tanah

C. SUB POKOK BAHASAN :

1. Distribusi Titik Kontrol Tanah
2. Premark & Benchmark
3. Pengukuran Titik Kontrol Tanah
4. Pengolahan Data

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan Pengadaan Titik Kontrol Tanah 2. Menjelaskan manfaat mempelajari Pengukuran Titik Kontrol Tanah 3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker
Penyajian	1. Menjelaskan pentingnya Titik Kontrol Tanah 2. Distribusi dan lokasi Titik	Memperhatikan Menulis Memberikan respon	OHP/ Transp White board Spidol

	Kontrol Tanah 3. Menjelaskan metode pengukuran Titik Kontrol Tanah	Mengajukan Pertanyaan	Modul Jurnal Speaker
Penutup	1. Merangkun materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang akan datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / latihan perencanaan pengadaan titik kontrol tanah untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, " **Dasar-Dasar Pengukuran Tanah** ", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, " **Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan**", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : PEMETAAN FOTOGRAMETRI
 Kode Mata Kuliah/ SKS : TGD 116P / 2 SKS
 Waktu Pertemuan : 100 Menit
 Pertemuan : 6

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Triangulasi udara, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan pengertian Triangulasi Udara (Aerial Triangulation =AT)
- Menjelaskan tujuan dari Triangulasi Udara
- Menjelaskan macam-macam dari Triangulasi Udara
- Menjelaskan pentingnya Triangulasi Udara

B. POKOK BAHASAN : Triangulasi udara

C. SUB POKOK BAHASAN :

1. Prinsip Dasar AT
2. Macam-macam Metode AT

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan pengertian Triangulasi udara	Memperhatikan Menulis	OHP/ Transp White board
	2. Menjelaskan manfaat mempelajari Triangulasi udara	Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	Spidol Modul Jurnal Speaker
	3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK		
Penyajian	1. Menjelaskan maksud dan tujuan Triangulasi udara	Memperhatikan Menulis	OHP/ Transp White board
	2. Menjelaskan konsep dasar Triangulasi udara	Memberikan respon Mengajukan	Spidol Modul

	3. Menjelaskan macam-macam Triangulasi udara	Pertanyaan	Jurnal Speaker
Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang akan datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / latihan mengenai maksud dan tujuan triangulasi udara, macam-macam triangulasi udara dan konsep dasar triangulasi udara untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker Russel C and Wolf, Paul R., 1997, " **Dasar-Dasar Pengukuran Tanah**", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, " **Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : PEMETAAN FOTOGRAMETRI
 Kode Mata Kuliah/ SKS : TGD 116P / 2 SKS
 Waktu Pertemuan : 100 Menit
 Pertemuan : 7

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan pelaksanaan dan pengolahan data Triangulasi udara, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan tahap pelaksanaan Triangulasi Udara (Aerial Triangulation)
- Menjelaskan proses pengolahan data Triangulasi Udara
- Menjelaskan macam-macam dari Triangulasi Udara
- Menjelaskan beberapa metode pengolahan data Triangulasi Udara

B. POKOK BAHASAN : Pelaksanaan dan pengolahan data Triangulasi Udara

C. SUB POKOK BAHASAN :

1. Pengumpulan Data Triangulasi Udara
2. Pengolahan Data Triangulasi Udara
3. Perataan Triangulasi Udara

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan pelaksanaan Triangulasi udara	Memperhatikan Menulis	OHP/ Transp White board
	2. Menjelaskan maksud dan tujuan pelaksanaan Triangulasi udara	Memberikan respon	Spidol
	3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK	Mengajukan Pertanyaan	Modul Jurnal Speaker
Penyajian	1. Menjelaskan tahap persiapan Triangulasi udara	Memperhatikan Menulis	OHP/ Transp White board
	2. Menjelaskan pengumpulan data Triangulasi udara	Memberikan respon Mengajukan	Spidol Modul

	3. Menjelaskan pengolahan data Triangulasi udara	Pertanyaan	Jurnal Speaker
Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang akan datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal dan latihan tahapan teiangulasi udara untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara** ", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, " **Dasar-Dasar Pengukuran Tanah** ", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, " **Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : **PEMETAAN FOTOGRAMETRI**
 Kode Mata Kuliah/ SKS : TGD 116P / 2 SKS
 Waktu Pertemuan : 100 Menit
 Pertemuan : 9

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Proses Pemetaan Metode Fotogrametri, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan tahap pemetaan fotogrametri
- Menjelaskan konsep orientasi relatif dan orientasi absolut
- Menjelaskan tahap pembuatan peta garis dengan stereo plotter

B. POKOK BAHASAN : Proses Pemetaan Metode Fotogrametri

C. SUB POKOK BAHASAN :

1. Orientasi Dalam, Orientasi Relatif dan Orientasi Absolut
2. Pembuatan Peta Garis

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan pembuatan peta metode fotogrametri 2. Menjelaskan maksud pembuatan peta	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker
Penyajian	3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK 1. Menjelaskan tahap orientasi relatif dan orientasi absolut 2. Menjelaskan konsep pembuatan peta garis 3. Menjelaskan proses kartografi peta garis	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang akan datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker
---------	---	---	--

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / perhitungan tentang skala foto udara untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, "**Dasar-Dasar Pengukuran Tanah**", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, "**Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, "**Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : **PEMETAAN FOTOGRAMETRI**
 Kode Mata Kuliah/ SKS : TGD 116P / 2 SKS
 Waktu Pertemuan : 100 Menit
 Pertemuan : 10

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan pembuatan peta foto, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan tahap pembuatan peta foto
- Menjelaskan proses rektifikasi dan ortofoto
- Menjelaskan jenis mozaik & pembuatan mozaik
- menjelaskan proses reproduksi, superimpose
- menjelaskan produk akhir peta foto

B. POKOK BAHASAN : Pembuatan peta foto

C. SUB POKOK BAHASAN :

1. Rektifikasi
2. Ortofoto
3. Peralatan untuk Pembuatan Peta Foto

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan pembuatan peta foto 2. Menjelaskan maksud dan tujuan pembuatan peta foto 3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker
Penyajian	1. Menjelaskan tahap pembuatan peta foto 2. Menjelaskan proses rektifikasi dan ortofoto	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan	OHP/ Transp White board Spidol Modul

	3. Menjelaskan produk akhir peta foto	Pertanyaan	Jurnal Speaker
Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang akan datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / latihan mengenai konsep pembuatan peta foto, perbedaan rektifikasi dan ortofoto untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, " **Dasar-Dasar Pengukuran Tanah**", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, " **Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : PEMETAAN FCTOGRAMETRI
 Kode Mata Kuliah/ SKS : TGD 116P / 2 SKS
 Waktu Pertemuan : 100 Menit
 Pertemuan : 11

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan Pembuatan Peta Digital, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan tahap pembuatan peta digital
- Menjelaskan konfigurasi alat pembuatan peta digital
- Menjelaskan manfaat peta digital khususnya dalam sistem informasi geografis
- Menjelaskan produk akhir soft copy dan hard copy

B. POKOK BAHASAN : Pembuatan Peta Digital

C. SUB POKOK BAHASAN :

1. Peralatan Pembuatan Peta Digital
2. Konfigurasi Alat
3. Pembuatan Peta Digital

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan Pembuatan Peta Digital 2. Menjelaskan maksud dan tujuan Pembuatan Peta Digital 3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker
Penyajian	1. Menjelaskan tahap pembuatan peta digital 2. Menjelaskan konfigurasi peralatan pembuatan peta digital	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal

	3. Menjelaskan manfaat peta digital		Speaker
Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang akan datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / perhitungan tentang skala foto udara untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, "Dasar-Dasar Pengukuran Tanah ", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, "Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : **PEMETAAN FOTOGRAMETRI**
 Kode Mata Kuliah/ SKS : TGD 116P / 2 SKS
 Waktu Pertemuan : 100 Menit
 Pertemuan : 12

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan proses kartografi peta foto, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan pengertian mozaik dan proses pembuatan mozaik
- Menjelaskan perencanaan desain dan tata letak peta foto
- Menjelaskan proses superimpose dan proses reproduksi

B. **POKOK BAHASAN** : Proses kartografi peta foto

C. **SUB POKOK BAHASAN** :

1. Pembuatan Mozaik
2. Desain tata letak Peta Foto
3. Reproduksi Peta Foto

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan proses kartografi peta foto 2. Menjelaskan maksud dan tujuan proses kartografi	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan	OHP/ Transp White board Spidol Modul
	3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK	Pertanyaan	Jurnal Speaker
Penyajian	1. Menjelaskan pembuatan pembuatan mozaik foto udara 2. Menjelaskan desain dan tata letak informasi tepi peta	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

	3. Menjelaskan proses reproduksi peta foto		
Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang akan datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / latihan diagram alir proses pembuatan peta foto untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, " **Dasar-Dasar Pengukuran Tanah** ", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, " **Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : PEMETAAN FOTOGRAMETRI
 Kode Mata Kuliah/ SKS : TGD 116P / 2 SKS
 Waktu Pertemuan : 100 Menit
 Pertemuan : 13

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan proses kartografi peta bumi dan peta foto, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan proses desain dan tata letak peta
- Menjelaskan proses reproduksi peta garis
- Menjelaskan proses reproduksi peta digital
- Menjelaskan peralatan kartografi untuk pembuatan peta garis dan peta digital

B. POKOK BAHASAN : Proses kartografi peta garis dan peta digital

C. SUB POKOK BAHASAN :

1. Pembuatan Informasi Tepi Peta
2. Desain Tata Letak Peta
3. Reproduksi Peta Garis
4. Reproduksi Peta Digital

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan proses kartografi peta garis dan peta digital 2. Menjelaskan maksud dan tujuan proses kartografi 3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker
Penyajian	1. Menjelaskan pembuatan informasi tepi peta dan legenda untuk peta garis dan peta digital	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan	OHP/ Transp White board Spidol Modul

	2. Menjelaskan desain dan tata letak peta garis dan peta digital 3. Menjelaskan proses reproduksi peta garis dan peta digital	Pertanyaan	Jurnal Speaker
Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang akan datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / latihan mengenai jenis apa saja dari informasi tepi peta, bagaimana cara melakukan editing peta digital untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, " **Dasar - Dasar Pengukuran Tanah** ", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, " **Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition. Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : **PEMETAAN FOTOGRAMETRI**
 Kode Mata Kuliah/ SKS : **TGD 116P / 2 SKS**
 Waktu Pertemuan : **100 Menit**
 Pertemuan : **14**

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan interpretasi foto udara, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan konsep dasar interpretasi foto udara
- Menjelaskan kunci interpretasi foto udara
- Menjelaskan tahap interpretasi foto udara

B. POKOK BAHASAN : Interpretasi foto udara

C. SUB POKOK BAHASAN :

1. Dasar-dasar Interpretasi Foto Udara
2. Kunci Interpretasi Foto Udara
3. Tahap Interpretasi Foto Udara

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan Interpretasi foto udara 2. Menjelaskan maksud dan tujuan interpretasi foto udara 3. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker
Penyajian	1. Menjelaskan konsep dasar interpretasi foto udara 2. Menjelaskan kunci-kunci interpretasi foto udara 3. Menjelaskan tahapan in-terpretasi foto udara	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi kuliah yang akan datang	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker
---------	---	---	--

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / latihan tentang kunci IFU, tahapan IFU untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, " **Dasar-Dasar Pengukuran Tanah** ", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, " **Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

SATUAN ACARA PERKULIAHAN (SAP)

Mata Kuliah : **PEMETAAN FOTOGRAMETRI**
 Kode Mata Kuliah/ SKS : TGD 116P / 2 SKS
 Waktu Pertemuan : 100 Menit
 Pertemuan : 15

A. TUJUAN

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri, mahasiswa akan mampu memahami dan menjelaskan pengertian foto udara, pemotretan udara dan prinsip dasar Pemetaan metode fotogrametri

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti kuliah pokok bahasan pembuatan laporan interpretasi foto udara, diharapkan mahasiswa dapat :

- Menjelaskan pengolahan data interpretasi foto udara
- Membuat laporan interpretasi foto udara
- Membuat kesimpulan laporan interpretasi foto udara

B. **POKOK BAHASAN** : Pembuatan laporan interpretasi foto udara

C. **SUB POKOK BAHASAN** :

1. Pengolahan Data Interpretasi Foto Udara (IFU)
2. Penyajian Laporan Interpretasi Foto Udara (IFU)

D. KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan Cakupan materi Pembuatan laporan interpretasi foto udara 2. Menjelaskan kompetensi TIU dan TIK	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker
Penyajian	1. Menjelaskan metode pembuatan laporan IFU 2. Menjelaskan isi pokok laporan interpretasi foto udara 3. Menjelaskan kesimpulan laporan	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker

Penutup	1. Merangkum materi 2. Memberi Pertanyaan 3. Memberi gambaran umum materi Ujian Akhir Semester (UTS)	Memperhatikan Menulis Memberikan respon Mengajukan Pertanyaan	OHP/ Transp White board Spidol Modul Jurnal Speaker
---------	--	---	--

E. EVALUASI

Memberi pertanyaan atau studi kasus untuk di diskusikan dan memberikan soal / perhitungan tentang skala foto udara untuk mengetahui pemahaman mahasiswa pada materi kuliah.

F. REFERENSI

1. Avery, T. Eugene, 1990, " **Penafsiran Potret Udara**", Akademika Pressindo, Jakarta.
2. Brinker, Russel C and Wolf, Paul R., 1997, " **Dasar-Dasar Pengukuran Tanah** ", Erlangga, Jakarta.
3. Ligterink, G.H, " **Dasar-Dasar Fotogrametri – Interpretasi Foto Udara** ", UI – Press, Jakarta, 1987.
4. Moffit, F.H., and Mikhail, E.M., 1980, " **Photogrametry**", Third Edition, Harper Co, USA.
5. Sosrodarsono, Suyono., dan Takasaki Matayoshi, 1981, " **Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan** ", Pradyana Paramita, Jakarta.
6. Wolf, Paul R., 1974, " **Element of Photogrametry** ", Mc. Graw Hill Kagakusha Ltd, Tokyo, Japan.

BUKU AJAR PENGANTAR GEODESI



OLEH :

1. Ir. Sutomo Kahar
2. Yudo Prasetyo, ST., MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**



BUKU AJAR

DAFTAR ISI

BAB I	PENGANTAR GEODESI	1
1.1.	Pendahuluan	1
1.2.	Problem Geodesi	3
1.3.	Sejarah Perkembangan Geodesi	6
1.3.1.	Model Bumi Bola	6
1.3.2.	Model Bumi Ellipsoid	10
1.3.3.	Pengukuran Busur	14
1.3.4.	Geoid dan Ellipsoid	15
1.4.	ORGANISASI GEODESI, LITERATUR	17
1.4.1.	Organisasi Tingkat Nasional	17
1.4.2.	Kerjasama Internasional	18
1.5.	GEOID	20
BAB II	PENENTUAN GEOID	22
2.1.	Metoda Astrogeodesi (Sipat Datar Astronomis)	22
2.2.	Metoda Gravimetris	26
2.3.	Geoid Yang Diturunkan Dari Data Satelit	28
BAB III	GEOID SEBAGAI REFERENSI TINGGI	31
3.1.	Sistem Tinggi Dinamis	32
3.2.	Sistem Tinggi Orthometris	34
3.3.	Sistem Tinggi Normal	36
BAB IV	ELLIPSOID	31
4.1.	Parameter dan Kelengkungan Ellipsoid	37
4.2.	Beberapa Sistem Referensi Geodesi	40
BAB V	SISTEM KOORDINAT	43
5.1.	Sistem Koordinat	44

5.1.1.	Sistem Koordinat Tegak Lurus (Rectangular) X, Y, Z	44
5.1.2.	Sistem Koordinat Geodesi	44
5.1.3.	Sistem Koordinat Geodesi Lokal	45
5.1.4.	Sistem Koordinat Astronomi	46
5.1.5.	Sistem Koordinat Astronomi Lokal	46
5.1.6.	Sistem Koordinat dengan Reduced Latitude	47
5.1.7.	Sistem Koordinat Geocentris.....	48
5.2.	Hubungan Antara Berbagai Sistem Koordinat	49

LAMPIRAN

BAB I. PENGANTAR GEODESI

1.1. PENDAHULUAN

Menurut definisi klasik yang dikemukakan oleh F.C. Helmert (1880), geodesi ($\gamma\eta$ = bumi, $\gamma\alpha\iota\omega$ = saya membagi) ialah “ilmu tentang pengukuran dan pemetaan permukaan bumi”. Definisi ini telah mempertahankan keabsahannya sampai sekarang; didalamnya termasuk penentuan medan gaya tarik bumi bagian luar maupun permukaan dasar lauan. Dengan definisi ini geodesi dapat dimasukkan baik ke dalam ilmu kebumian maupun ilmu kerekayasaan.

Dengan dipicu oleh perkembangan eksplorasi antartika, geodesi menjalin kerjasama dengan ilmu-ilmu lain kearah penentuan permukaan benda-benda langit yang lain (bulan, plante-planet lain). Bidang-bidang ilmu yang setara dengan geodesi ini disebut selenodesi dan geodesi planet (Kaula 1975, Anderson 1975).

Geodesi dapat dibagi kedalam bidang-bidang geodesi global, survey geodesi, dan ukur tanah (planet surveying). Geodesi global menyangkut penentuan sosok bumi, termasuk keseluruhan medan gaya berat bagian luarnya. Survey geodesi menetapkan permukaan suatu Negara dengan koordinat titik-titik control yang cukup banyak jumlahnya. Dalam pekerjaan dasar ini keseluruhan kelengkungan bumi harus diperhitungkan. Dalam ukur tanah (survey topografi, survey kadaster,

survey rekayasa), diperoleh bagian-bagian rinci permukaan bumi; bidang horizontal umumnya memadai sebagai permukaan acuan.

Terdapat interaksi erat antara geodesi global, survey geodesi, dan ukur tanah. Survey geodesi merupakan parameter-parameter yang ditentukan melalui pengukuran-pengukuran bumi, dan hasil survey geodesi sendiri dapat dipakai oleh mereka yang mengukur bumi. Sementara itu, pekerjaan ukur tanah umumnya diikatkan pada titik-titik control hasil survey geodesi, dan selanjutnya berperan terutama dalam pengembangan seri-seri peta nasional dan dalam pembentukan kadaster.

Dengan klasifikasi yang sesuai dalam bahasa Inggris dan Perancis, pengertian “geodesy” (la geodetie, “hohere Geodasie” menurut Helmert) dikaitkan hanya dengan geodesi global dan survey geodesi. Sedangkan pengertian “surveying” (la topometrie, vermessungskunde, “nidere geodase” menurut Helmert) mencakup ukuran tanah.

Dalam buku ini geodesi diperlakukan hanya dengan pengertian terbatas seperti diuraikan di atas. Penjelasan tentang ukur tanah diberikan oleh w. Grobmann (B1973 / 1976).

1.2. PROBLEM GEODESI

Problem geodesi, yang timbul dari dan dengan sebagian melengkapi definisi Helmert, dapat diberikan secara lengkap sebagai berikut (Drahein 1971, Fisher 1975) :

“Problem geodesi adalah menentukan sosok bumi dan medan gaya tarik bumi bagian luar dan benda-benda langit yang lain sebagai fungsi waktu serta menentukan ellipsoid bumi merata dari parameter-parameter yang diamati pada dan dari luar permukaan bumi.

Problem nilai batas geodetic ini menyatukan rumusan geometric (sosok bumi) dan fisi (medan gaya tarik); keduanya berkaitan erat.

Dengan istilah sosok bumi kita maksudkan permukaan fisi dan matematis bumi. Permukaan fisi bumi adalah batas antara massa padat atau cair dengan atmosfer. Akhir-akhir ini dasar lautan juga dimasukkan ke dalam perumusan problem geodesi, yaitu permukaan pembatas antara tubuh bumi padat dengan massa air lautan. Perluasan problem geodesi ke lautan ini disebut geodesi kelautan (Mourat 1977, Seeber 1976). Permukaan bumi padat yang tidak teratur (kontinen dan dasar lautan) tidak dapat disajikan dengan hubungan matematis sederhana; oleh karena itu, ia diberikan dari titik ke titik dengan koordinat titik-titik control. Dipihak lain permukaan lautan (70% permukaan bumi) memiliki prinsip bentukan yang lebih sederhana.

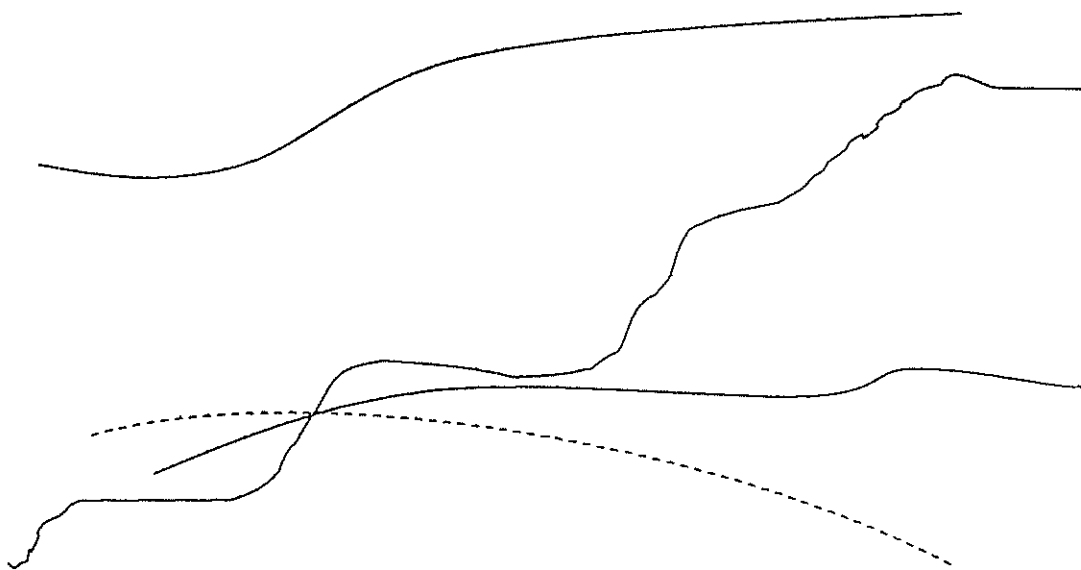
Dengan beberapa anggapan tertentu, permukaan lautan membentuk sebagian permukaan aras (ekuipotensial) (permukaan dengan potensial gaya tarik pangkah). Kita boleh membayangkan bahwa permukaan ini membentang di bawah kontinen dan selanjutnya dianggap sebagai bentuk matematis bumi (Helmert 1880/1884). J.R. Listing (1872) menamai permukaan aras ini dengan geoid.

C.F. Gauss sebenarnya telah menunjuk permukaan ini :”Apa yang kita sebut permukaan dalam arti geometris tidak lebih dari permukaan di setiap titiknya memotong tegak lurus arah gaya tarik bumi, dan sebagian dari padanya berimpit dengan permukaan lautan”. (C.F. Gauss : “Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen den Sternwarten von Gottingen und Altona” gottingen 1828), lihat pula Moritz (1977).

Kebanyakan parameter-parameter terukur yang digunakan dalam geodesi mengacu pada medan gaya tarik bumi bagian luar, yang karena itu pengkajiannya menjadi perhatian geodesi. Batas atas antariksa daerah kajian ditentukan oleh pemakaian geodetic satelit buatan dan penyelidikan-penyelidikan antariksa, serta penyelidikan bulan.

Aspek fisis problem geodesi berlanjut dari pemikian tentang permukaan bumi dan geoid sebagai permukaan pembatas dalam medan gaya tarik bumi. Medan gaya tarik bumi bagian luar dapat diperikan dengan permukaan-permukaan aras yang tak terhitung jumlahnya, seluruhnya atau sebagian membentang di luar.

System-sistem acuan dengan ukuran meter dan kelengkungan yang terdefinisi diperlukan untuk hitungan-hitungan dalam geodesi global dan survey geodesi. Oleh karena rumusan matematikanya yang sederhana, ellipsoid putaran yang memepat pada kutub-kutubnya berkesesuaian lebih baik sebagai permukaan acuan geodetic dari pada geoid, yang ditentukan oleh sebaran massa bumi yang tidak merata. Keistimewaan diberikan kepada ellipsoid bumi rerata, yang merupakan ellipsoid terbaik yang mendekati geoid. Gambar 1.1. memperlihatkan susunan permukaan permukaan yang akan ditentukan dalam geodesi.



Gambar 1.1. Permukaan bumi dan permukaan acuan

Tubuh bumi dan medan gaya tariknya dipengaruhi oleh perubahan-perubahan (variation) sekuler (berjangka panjang), berselang, dan yang bersifat tunggal yang dapat terjadi secara global, regional dan local. Teknik-teknik pengukuran geodetic dan evaluasinya kini telah berkembang sedemikian maju sehingga mereka dapat

mendeteksi sebagian dari perubahan-perubahan itu. Apabila kondisi rerata diketahui, maka pengamatan-pengamatan harus dikoreksi dari perubahan-perubahan tersebut. Dengan penemuan sebagian perubahan-perubahan itu, geodesi juga menyumbang kepada penyelidikan dinamika tubuh bumi. Dengan demikian, sosok bumi dan medan gaya tariknya dimengerti sebagai variable-variabel yang tergantung pada waktu. Hal ini membawa kepada ide "geodesi empat dimensi" (Angus Leppan, 1973, Mather 1973).

1.3. SEJARAH PERKEMBANGAN GEODESI

Rumusan problem geodesi seperti diuraikan dalam problem geodesi pertama kali berkembang pada perjalanan abad ke – 19. Namun, pertanyaan tentang sosok bumi telah terlontar sejak lama sebelumnya. Setelah bola pertama kali sebagai model bumi, elipsoid perputaran sebagai sosok bumi menegaskan dirinya pada pertengahan pertama abad ke – 19; lihat Parrier (A1039), juga Fischer (1975a).

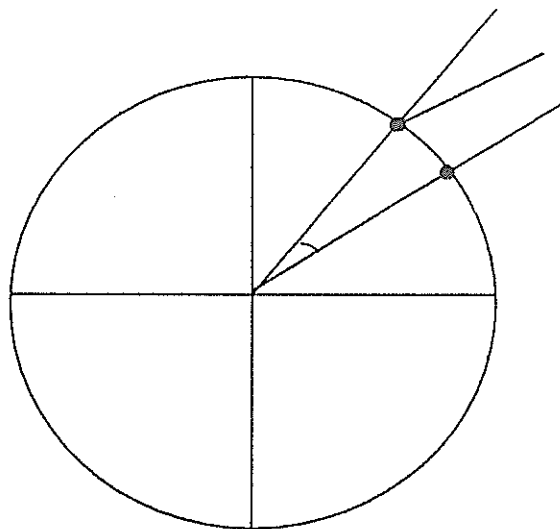
1.3.1. Model Bumi Bola

Berbagai pendapat tentang bentuk bumi berlaku dimasa lalu misalnya, dugaan bumi cakram yang dikelilingi oleh lautan (Homer's Illiad, 800BC, Thales of Milet, 600BC). Phytagoras (580 – 500 BC) dan sekolahnya, dan Aristotle (384 – 322 BC) diantara yang lain, menyatakan bahwa bumi berbentuk bola.

Pendiri geodesi ilmiah adalah Evalosthenes (276 – 195 BC) dari Alexandria, yang dengan anggapan bumi bola mengitung jejari bumi dari pengukuran –

pengukuran (Schwars 1975). Prinsip cara pengukuran busur yang dikembangkannya masih dipakai pada zaman modern: Dari pengukuran – pengukuran geodetic, panjang busur meridian ΔG ditentukan; pengamatan – pengamatan astronomis melengkapi data sudut pusat yang bersangkutan (Gambar 1.2). Jejari bumi kemudian dihitung dengan :

$$R = \Delta G / \gamma \dots\dots\dots 1.1$$



Gambar 1.2. Pengukuran oleh Eratosthenes

Eratosthenes mendapati bahwa pada saat matahari di titik balik utara (summer solstice) sinarnya memencar vertical kedalam sumur di Aswan; sementara itu di Alexandria, yang terletak secara sarpada meridian yang sama, sinar matahari membentuk sudut terhadap garis unting – unting. Dari panjang bayangan tongkat tegak (gnomon) yang dihasilkan di dalam kamar separuh bola (“skaphe”), ia menentukan sudut tersebut sebesar 1 / 50 lingkaran

penuh, yakni $\gamma = 7^{\circ}12'$. Ia memperkirakan jarak dari Aswan ke Alexandria 5000 stadia, yang diperoleh dari peta kadaster Mesir yang didasarkan pada keterangan penghitung langkah ("bematists"). Dengan panjang stadium Mesir 157,5 meter, kita peroleh jari – jari bumi 6267 km. harga ini menyimpang -2% dari jejari bumi rerata (6371 km). Penentuan jejari bumi selanjutnya dimasa silam dilakukan oleh Posidonius (135 – 51 B.C.); dengan menggunakan busur meridian dari Alexandria ke Rhodes, ia sampai pada jejari bumi yang menyimpang -11% .

Selama abad pertengahan di Eropa, pertanyaan tentang bentuk bumi tidak berkembang lebih jauh. Suatu pengukuran busur oleh bangsa Arab dilaksanakan (827 A.D.) oleh khalifah Al Makmun, di barat laut Baghdad (penyimpangan $+10\%$). Pada awal abad modern, pakar fisika dari Perancis Fernel pada tahun 1525 mengamati, pada meridian yang melintasi Paris, lintang kota Paris dan Amiens dengan menggunakan alat kuadran; ia menghitung jarak dari jumlah putaran roda pedati (penyimpangan $+0,1\%$).

Pengukuran – pengukuran busur lainnya yang didasarkan pada anggapan bumi bola dicirikan oleh kemajuan mendasar dalam teknologi peralatan (1611, teropong Kepler) dan metodologi (setelah penerapan awal triangulasi oleh Gemma Frisius (1508 – 1555) di Belanda dan Tycho Brahe (1546 – 1601) di Denmark, ilmuwan Belanda Willebroord Snellius (1580 – 1626) melakukan pengukuran triangulasi yang pertama untuk menentukan bentuk bumi), (Haasbroek, 1968).

Dengan penerapan triangulasi oleh Snellius pada tahun 1615 pada pengukuran – pengukuran busur antara Bergen op Zoom dan Alkmaar (Belanda), perkiraan atau pengukuran langsung jarak busur yang kurang teliti sampai masa itu diganti dengan prosedur yang berketelitian tinggi. Cara ini berperan sampai abad ke – 20 untuk pengukuran – pengukuran busur dan pembentukan jaringan kotrol utama. Untuk Snellius, penyimpangan terhadap jejari bumi rerata mencapai -3,4%.

Melalui prakarsa Akademi Ilmu Pengetahuan yang didirikan di Paris pada tahun 1666, Perancis pada abad ke – 17 dan ke – 18 diakui sebagai pemegang peran terdepan dalam geodesi (Bialas, 1972). Seorang pendeta Perancis, J. Picard pada tahun 1669 / 70 melaksanakan pengukuran busur pada meridian yang melintasi.

Paris antara Malvoisme dan Amiens dengan perantaraan jaringan triangulasi; ia adalah orang pertama yang menggunakan teropong dengan benang silang. Harga yang ia peroleh untuk jejari bumi (penyimpangan +0,01%) membantu Newton dalam pembuktian hukum gravitasi yang ia rumuskan pada tahun 1665 / 66.

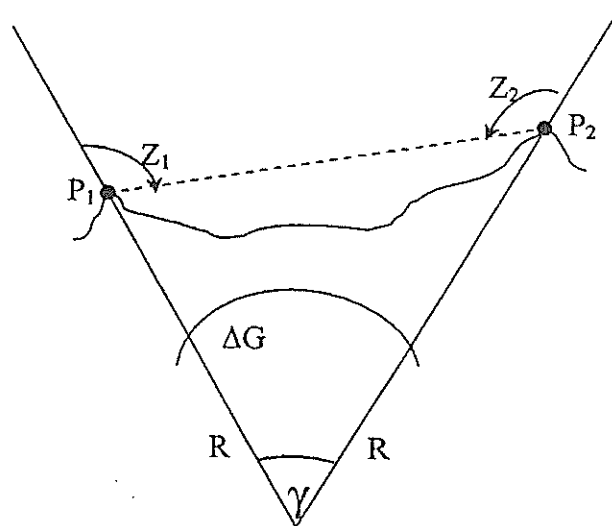
Pemecahan yang lain dalam penentuan sudut pusat, berbeda dalam prinsip, yakni dengan penggunaan sudut – sudut zenith timbal – balik, mulai diterapkan pada tahun 1645 oleh ilmuwan Itali Grimaldi dan Riccoli (Gambar

1.3). Sudut pusat dapat dihitung dari sudut zenith Z_1 dan Z_2 yang diamati di P_1 dan P_2 sesuai dengan :

$$\gamma = Z_1 + Z_2 \pm$$

$\pi \dots \dots \dots 1.2$

Prosedur ini tidak membicarakan hasil yang meluaskan karena penentuan yang tidak cukup teliti terhadap kelungkungan sinar cahaya (simpangan refraksi).



Gambar 1.3. Penentuan sudut pusat dari sudut zenith

1.3.2. Model bumi ellipsoid

Pada abad ke – 16 dan ke – 17, pengamatan – pengamatan dan ide – ide baru dari astronomi dan fisika secara pasti mempengaruhi persepsi tentang sosok bumi dan posisinya di ruang angkasa. N. Copernicus (1473 – 1543) menuntaskan

perubahan dari alam geosentrik Ptolomy ke system heliosentrik (1543 : “ De revolutionibus orbium coelestium “), yang telah didalilkan oleh Aristarchus dari Samos (320 – 250 B.C.). J. Kepler (1571 – 1630) mengemukakan hukum – hukum gerak planet (1609 : “ Astronomia nova....”, 1619 : “ Harmonics mundi “), dan Galileo Galilei (1564 – 1642) mengembangkan ilmu mekanika modern (hukum benda jatuh, hukum gerak pendulum).

Pada tahun 1666 pakar astronomi J.D. Cassini mengamati pemepatan kutub – kutub planet Jupiter. Pakar astronomi J. Richer pada tahun 1672 menemukan pada kesempatan ekspedisi ke Cayene untuk menentukan paralaks planet Mars, bahwa ia harus memperpendek pendulum – satu – detik yang telah diatur di Paris, agar kembali mencapai goyangan satu detik. Dengan pengamatan tersebut dan berdasar pada hukum gerak pendulum, orang dapat menyimpulkan suatu peningkatan gaya tarik bumi dari ekuator ke kutub. Berdasar pada penemuan itu dan hasil – hasil kerja ilmiah sendiri., Issac Newton (1643 – 1727) dan Cristian Huygens (1629 – 1695) mengembangkan model – model bumi yang memepat pada kutub – kutubnya dan membangun terus prinsip – prinsip ilmu fisika.

Newton (1687 : “ *Phylosophiae naturalis principia mathematica*”) mendapatkan suatu ellipsoid putaran sebagian bentuk keseimbangan untuk bumi berdasarkan pada keberlakuan hukum gravitasi universal.

Pemepatan :

$$f = \frac{a-b}{a}$$

.....1.3

(f adalah pemampatan, a = setengah sumbu panjang, b = setengah sumbu pendek) dalam hal ini sebesar $1 / 230$. Pada waktu yang sama, Newton mendalilkan suatu peningkatan percepatan gaya tarik bumi dari ekuator ke kutub sebanding dengan $\sin^2 \varphi$ (φ = lintang geografis). Huygens (1690 : “ Discours de la cause de la Pesanteur “) menggeser sumber daya tarik bumi ke pusat bumi dan mengembangkan suatu permukaan yang seimbang, simetris, dan berputar, yang memiliki kelengkungan meridian tingkat empat dengan $f = 1 / 578$. Untuk pembuktian geometric model bumi elipsoid, orang telah memanfaatkan pengukuran – pengukuran busur pada berbagai kedudukan lintang. Yakni, panjang busur satu derajat (busur meridian untuk perbedaan lintang 1° dalam hal kutub memampat, meningkat ke arah kutub dari ekuator. Parameter – parameter ellipsoid a , b atau a , f dapat dihitung dari dua pengukuran busur (1.3.3)

Evaluasi pengukuran – pengukuran busur lama yang ada (Snellius, Picard) membawa ke model bumi yang melandung pada kutub – kutubnya. Hasil yang sama diperoleh oleh La Hire, J. D. dan J. Cassini (1683 – 1718) yang memperpanjang busur Picard ke utara sampai Dankruk dan ke selatan sampai Colliure (beda lintang $8^\circ 20'$). Hitungan – hitungan dari dua penggal busur menghasilkan pemampatan negative $f = - 1 / 95$, yang dapat ditimpakan terutama kepada kesalahan – kesalahan pengukuran lintang astronomik. Perdebatan seru antara para pendukung Newton dan para pendukung Cassini mengenai bentuk

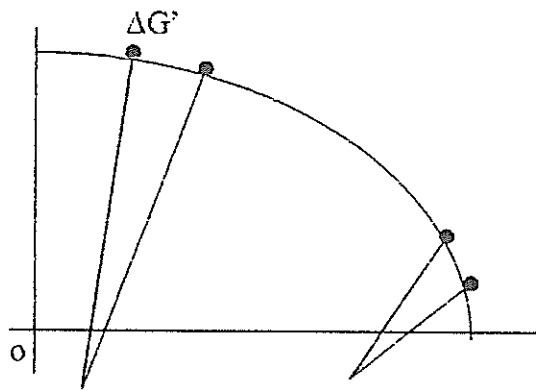
bumi diselesaikan oleh dua pengukuran busur berikutnya yang diprakarsai oleh Akademi Ilmu Pengetahuan Perancis.

Manpertuits dan Clarirut, diantara yang lain, berperan serta dalam ekspedisi ke Lanland (1736 / 37); hasil – hasil pengukuran busur ini (lintang rerata $66^{\circ}20'$, selang lintang $57,7'$) menguatkan pemepatan kutub. Dalam penghubungan dengan pengukuran busur pula meridian yang melintasi Paris, direvisi oleh Cassini de Thury dan La Caille, 1734 / 40, hasilnya adalah $f = 1 / 304$. pada ekspedisi kedua (1735 – 1744) ke Peru (wilayah Ecuador sekarang), suatu busur pada lintang rerata $1^{\circ}31' S$ dan amplitudo $3^{\circ}07'$ ditentukan oleh Bouguer, Godin, dan La Condamine. Penggabungannya dengan busur Lanlan menghasilkan $f = 1 / 210$. dengan demikian, pemepatan bumi pada kutub – kutubnya telah diperlihatkan oleh pengukuran – pengukuran geodetic.

Sintentis antara substansi fisis dan geodetic bentuk ellipsoid bumi akhirnya dicapai oleh A. C. Clairaut (1713 – 1765) dengan teori (1743) atas namanya, yang memungkinkan hitungan pemepatan bumi dari dua pengukuran gaya tarik bumi pada lintang yang berbeda (1.3.3). Pemakaian praktis “ cara gravimetric “ ini mengalami kesulitan sampai abad ke – 20, karena kurang telitian dan kurang meratanya pengukuran gaya tarik bumi dank arena masalah penurunan data ke elipsoid bumi.

1.3.3. Pengukuran busur

Setelah elipsoid putaran tampil sebagai model bumi, sejumlah besar pengukuran busur dilakukan sampai perengahan abad ke – 19 untuk menentukan dimensi elipsoid bumi. Panjang busur selalu diperoleh dengan triangulasi. Kita membedakan antara pengukuran busur sepanjang meridian elipsoid (pengukuran busur lintang), sepanjang parallel (pengukuran busur bujur), dan pengukuran busur yang tidak searah dengan meridian.



Gambar 1.4. pengukuran busur lintang

Untuk perhitungan dalam pengukuran busur lintang (Gambar 1.4), sudut – sudut $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1, \Delta\varphi' = \varphi_2' - \varphi_1'$, dibentuk dari lintang geografis terukur $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_1', \varphi_2'$. Busur – busur meridian ΔG , dan $\Delta G'$ di-eroleh dari jarring triangulasi. Untuk busur – busur pendek, orang dapat menggantikan elips meridian dengan lingkaran yang menyinggungnya yang berjejari kelengkungan

meridian $M = M(\varphi)$ yang dihitung pada lintang rerata $\varphi = (\varphi_1 + \varphi_2)/2$, dimana M adalah fungsi parameter ellipsoid a, f (3.4.2). Dari $\Delta G = M\Delta\varphi$ dan $\Delta G' = M'\Delta\varphi'$, maka a dan f dapat ditentukan. Semakin besar lintang $\varphi' - \varphi$, semakin teliti pemepatan terhitung; sementara itu ketelitian a terutama tergantung pada panjang busur meridian.

Suatu keistimewaan dicapai oleh pengukuran yang diorganisasi oleh Dewan Nasional Perancis (French National Assembly) dan dilaksanakan oleh Delambre dan echain pada meridian yang melintasi Paris antara Barcelona dan Dunkirk (1792 – 1798); pengukuran ini adalah untuk mendukung pendefinisian meter sebagai satuan panjang alami. Dalam penggabungannya dengan pengukuran busur Peru, ini menghasilkan pemepatan elipsoid $f = 1 / 334$.

Dari sejumlah besar pengukuran busur yang dilaksanakan pada abad ke – 19 dan ke – 20, yang sebagian besar merupakan dasar bagi survey geodesi, kita sebut di sini busur – busur bersejarah penting yang lebih tua dari Gauss (pengukuran busur antara Gottingen dan Altona, 1821 – 1825, perataan sesuai dengan cara kuadrat terkecil) dan dari Bessel dan Baeyer (pengukuran busur yang tidak searah dengan meridian, di Prusia Timur, 1831 – 1838). Referensi hasil kerja ilmiah yang lebih mutakhir dan agak luas yang sampai saat ini masih penting dibuat pada uraian mengenai metode astrogeodetik (5.1.4).

1.3.4. Geoid dan ellipsoid

P. S. Laplace (1802), C. F. Gauss (1828), dan F. W. Bessel (1837) dan yang lain telah menyadari bahwa anggapan model bumi ellipsoid tidak dapat

dipertahankan dibawah ketelitian pengukuran yang cukup tinggi. Artinya, orang tidak dapat lagi mengabaikan penyimpangan (defleksi vertical) garis unting – unting, yang kepadanya pengukuran – pengukuran mengacu, dari normal elipsoid. Dengan perataan beberapa pengukuran busur untuk penentuan parameter – parameter elipsoid a dan f , pertentangan – pertentangan timbul melampaui ketelitian pengukuran.

Perataan hasil pengukuran busur pertama kali dilakukan pada tahun 1806 oleh A. M. Legendre dalam tulisannya “ Sur la methode des moindres carres”. G. H. Gauss adalah orang pertama yang meratakan jaringan triangulasi (di dan sekitar Brunswick, 1803 -1807) dengan cara kuadrat terkecil (Gerardy 1977)

Meskipun terdapat perbedaan – perbedaan, sejumlah besar perataan tetap dikerjakan sampai pertengahan abad ke – 19 untuk menentukan dimensi elipsoid. Dengan dimensi elipsoid ini, defleksi vertical yang disebabkan secara fisis, dan dengan demikian, memiliki ciri sistematik, diperlakukan sebagai kesalahan acak pengamatan.

Dengan definisi geodesi (1.1) dan pengertian geoid (1.2), F.R. Helmert membuat perubahan terhadap pengertian sosok bumi pada waktu itu. Disini, defleksi vertical diperhitungkan dalam perhitungan parameter – parameter elipsoid.

Friderich Robert Helmert (1843 – 1917), seorang diantara para pakar geodesi yang terkemuka pada era modern, adalah guru besar geodesi pada perguruan tinggi Teknik di Aachen dan direktur “ the Prussian Geodetic Institute “ di Postdam dan kantor pusat “ the Internationale Erdmessung”. Berkat hasil kerja

ilmiahnya, geodesi mengalami perkembangan yang menentukan, yang berpengaruh sampai sekarang (Wolf 1970).

Penentuan geoid merupakan tujuan pokok geodesi selama kurang lebih 70 tahun (1880 – 1950). Arti pentingnya menurun setelah tahun 1945, dengan berkembangnya teknik – teknik penurunan langsung permukaan fisis bumi; namun, penentuan geoid tetap merupakan problem dasar geodesi. Sebenarnya, arti penting geoid telah meningkat lagi dengan dikembangkannya system kontinen tiga dimensi dan system global (5.1.2) serta dengan persyaratan geodesi kelautan.

1.4. ORGANISAI GEODESI, LITERATUR

1.4.1. Organisasi tingkat nasional

Problem geodesi global dapat dipecahkan hanya dengan kerjasama internasional lembaga – lembaga yang berkeja sama pada aras nasional (1.4.2). Di beberapa Negara, lembaga – lembaga penelitian pemerintah (Republik Federal Jerman : “ Deutsches Forchungsinstitut “ di Munich dan Frankfrut; Republik Demokrasi Jerman : “ Zentral institut Physik der Erder “ – dahulu “ Geodatisches Institut “ di Postdam; U. S. S. R. : Badan Pusat Penelitian Sain Geodesi, Survei Udara, dan Kartografi, di Moscow) maupun lembaga – lembaga geodesi universitas giat melaksanakan penelitian. Survey geodesi dilaksanakan menurut susunan system kewenangan survey oleh badan – badan otonom (Republik Federal Jerman : kantor – kantor survey geodesi di setiap Negara bagian) atau badan – badan pusat

(Australia : “ Division of National Mapping “; Canada : “ Surveys and Mapping Branch”; Republik Demokrasi Jerman : “ VEB – Kombinat Geodesie und Kartographie”; Perancis : “ Institut Geographique Survey, National Oceanic Survey “ – dahulu “ Coast and Geodetic Survey “).

Selain lembaga – lembaga diatas, ada sejumlah lembaga non – geodetic yang dalam beberapa proyek tertentu terkait dengan problem geodesi; sebenarnya mereka berhubungan dengan teori, dan dalam keadaan tertentu, dengan pengumpulan dan evaluasi data. Kita sebutkan disini, badan – badan eksplorasi antariksa dan astronomi “ Gaddard Space Flight Centre of NASA “, Greenbelt, Md. ; “ Centre National d’Etudes Spatiales “, Bretigny – sur – Orge; “ Smithsonian Astrophysical Observatory “ (SAO), Cambridge, Mass.), lembaga – lembaga geologi dan hidrografi (“ Geological Survey of Canada “; “ Bundesanstalt fur Geowissenschaften und Rohstoffe “, Hannover ; “ Deutsches Hydrographisches Institut “, Hamburg ; “ Bureau de Recherches Geologiques et Minieres “, Orleans ; “ Institute of Geological Sciences “ dan “ Institute of Oceanographic Sciences “, U. K. ; “ S. S. Geological Survey “), dan badan – badan militer (U. S. A. : “ Defense Mapping Agency “, “ Topographic Centre DMATC “, dan “ Aerospace Centre DMAAC “; “ U. S. Naval Oceanographic Office NAVOCEANO “).

1.4.2. Kerjasama internasional

Pada awal pengukuran – pengukuran busur di kerajaan Hanover (1821) C. F. Gauss telah menyatakan kehendaknya. Menurut beliau, jaringan ini harus

disambungkan ke jaringan triangulasi tetangga, menuju ke arah penyatuan jaringan pengamatan Eropa. Kerja sama internasional yang terorganisasi bermula dengan kepeloporan seorang jenderal dari Prussia, yaitu J. J. Baeyer (1774 – 1885) : “ Über die GröÙe und Figur der Erde, eine Denkschrift zur Begründung einer Mitteleuropäischen Gradmessung “ didirikan di Berlin sebagai perhimpunan ilmu pengetahuan internasional yang pertama; Baeyer adalah presidennya yang pertama. Setelah perluasannya menjadi “ Europäische Gradmessung “ (1867) dan “ Internationale Erdmessung “ (“ Association Geodesique Internationale “), (1886), perhimpunan tersebut mengembangkan suatu kegiatan yang bermanfaat, yang diilhami oleh hasil kerja ilmiah Helmert sebagai direktur kantor pusat (Tardi 1963).

Setelah perpecahan “ Internationale Erdmessung “ selama perang dunia pertama, perhimpunan internasional geodesi dengan geofisika (“ International Association of Geodesy and Geophysics “, I. U. G. G.), yang saat ini (1979) beranggotakan 78 negara, didirikan tahun 1919. Ia terdiri dari satu perhimpunan geodesi dan enam perhimpunan geofisika. Perhimpunan International Geodesy (International Association of Geodesy “, I. A. G.) dipimpin oleh seorang presiden yang dipilih setiap empat tahun, dan yang memiliki beberapa wakil presiden dan seorang sekretaris jenderal disisinya. I. U. G. G. bertemu dalam kongres umum tiap selang empat tahun; disamping itu, berbagai symposia dan pertemuan ilmiah yang membahas tema – tema khusus juga diselenggarakan oleh I. U. G. G., perhimpunan – perhimpunan dan komisi – komisinya.

I. A. G. terdiri dari ilmu bagian : survei kontrol, teknik satelit, Gravimetri, Teori dan Evaluasi, dan Interpretasi fisis.

Komisi – komisi dibentuk untuk menangani masalah – masalah lebih lanjut, sementara itu, masalah – masalah yang bersifat mendesak untuk diselesaikan diurus oleh kelompok – kelompok pengkajian khusus (special study groups). Selain itu, I. A. G., sebagian dalam kerjasamanya dengan organisasi – organisasi ilmiah yang lain, mengelola lembaga – lembaga tetap (“ Central Bureau for Satellite Geodesy “, Athens ; “ Bureau international de l’Hure” (BIH), Paris ; “ International Polar Motion Service “ (IPMS), Mitsuzawa, Jepang ; “ Bureau Gravimetrique International “, Paris / Toulouse; “ International Center on Recent Crustal Movements”, Prague; “ International Center of Earth Tides”, Brussels; “ Permanent Service for Mean Sea Level”, Bidston on Merseyside, U. K.).

Untuk program – program kerjasama penelitian roket dan satelit COSPAR (“ Inter – Union Committee on Space Research “) dibentuk oleh ICSU (“ International Council of Scientific Unions “).

1.5. GEOID

Geoid didefinisikan sebagai bidang equipotensial gayabarat atau bidang nivo yang berimpit dengan permukaan air laut rata-rata (yang tidak terganggu).

Banyak ahli mengatakan bahwa definisi geoid seperti tersebut di atas hanyalah suatu ilusi saja, karena suatu permukaan laut rata-rata ideal tanpa gangguan itu

tidak pernah ada. Banyak sekali faktor-faktor yang mempengaruhi permukaan air laut dan faktor-faktor tersebut cukup besar mengingat air laut yang berupa benda cair tentunya tidak mudah bergerak bila ada pengaruh yang kecilpun. Pengaruh angin, gaya tarik bulan – matahari, kegaraman dan banyak lagi pengaruh yang lain akan sangat mempengaruhi permukaan air laut. Secara teoritik pengaruh-pengaruh tersebut dapat dicari walaupun pada masa ini belum semua pengaruh itu dapat dihitung secara eksak. Walaupun permukaan laut yang ideal tidak akan pernah ada, namun tentunya hal itu bisa didekati yaitu dengan memperhitungkan semua koreksi-koreksi yang harus diberikan kepada permukaan laut tersebut. Dalam hubungannya dengan permukaan air laut rata-rata (MSL), topografi muka laut (Sea Surface Topography = SST) mempunyai undulasi terhadap MSL sekitar ± 2 meter.

BAB II. PENENTUAN GEOID

Di dalam Geodesi, persoalan penentuan bentuk dan besar bumi menjadi persoalan yang sangat penting. Dalam hal ini geoid oleh para ahli disepakati sebagai realita fisis besar dan bentuk bumi.

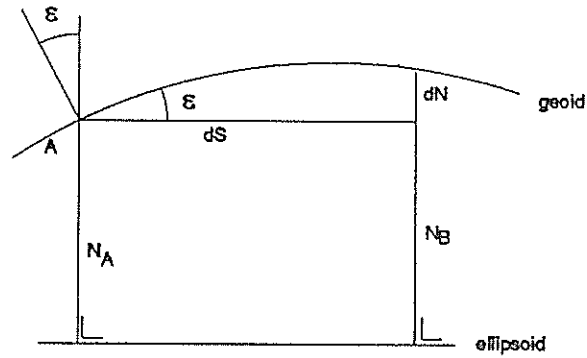
Penentuan geoid adalah penentuan penyimpangan geoid atau undulasi geoid (N) dan defleksi vertikal (E) terhadap ellipsoid referensi.

Sampai saat ini dikenal 3 (tiga) macam metoda dasar yang dapat dipakai untuk keperluan penentuan geoid dan beberapa metoda kombinasi dari ketiga metoda dasar tersebut. Pada bab ini akan dibicarakan ketiga metoda dasar pada penentuan geoid.

2.1. METODA ASTROGEODESI (SIPAT DATAR ASTRONOMIS)

Pada metoda ini studi geoid dilakukan secara geometris murni yaitu menggunakan data pengamatan astronomi dan data pengukuran geodesi (triangulasi).

Tinggi geoid (undulasi geoid) pada suatu titik B dapat diperoleh dengan mengintegrir kenaikan-kenaikan geoid terhadap ellipsoid mulai dari suatu titik A yang diketahui undulasinya sampai ke titik B (lihat gambar 1).



Gambar 1. : Kenaikan geoid terhadap ellipsoid

Rumus dasar :

$$dN = - \sum ds \quad (38)$$

Integralnya sepanjang AB :

$$N_B = N_A - \int \sum ds \quad (39)$$

Untuk :

ϵ = Kemiringan geoid terhadap ellipsoid (defleksi vertikal) sepanjang profil AB.

$$\epsilon = \xi \cos \alpha + \eta \sin \alpha$$

ξ = Komponen defleksi vertikal utara – selatan

η = Komponen defleksi vertikal timur – barat

α = azimuth arah AB

Ds = elemen jarak sepanjang route AB

Rumus (39) menunjukkan bahwa undulasi geoid sebagai suatu integral defleksi vertikal sepanjang suatu profil. Selama N adalah suatu fungsi posisi, integral ini tidak tergantung kepada bentuk garis yang menghubungkan titik A dan B.

Bila komponen defleksi vertikal ξ dan η diperoleh secara langsung dari persamaan :

$$\xi = (L - \varphi) : \eta = (B - \lambda) \cos \varphi \dots\dots\dots (40)$$

Untuk (L, B) adalah koordinat (Lintang, Bujur) astronomi dan (φ , λ) adalah koordinat lintang dan bujur geodesi pada titik yang sama, metoda ini disebut metoda astrogeodesi (astronomical leveling).

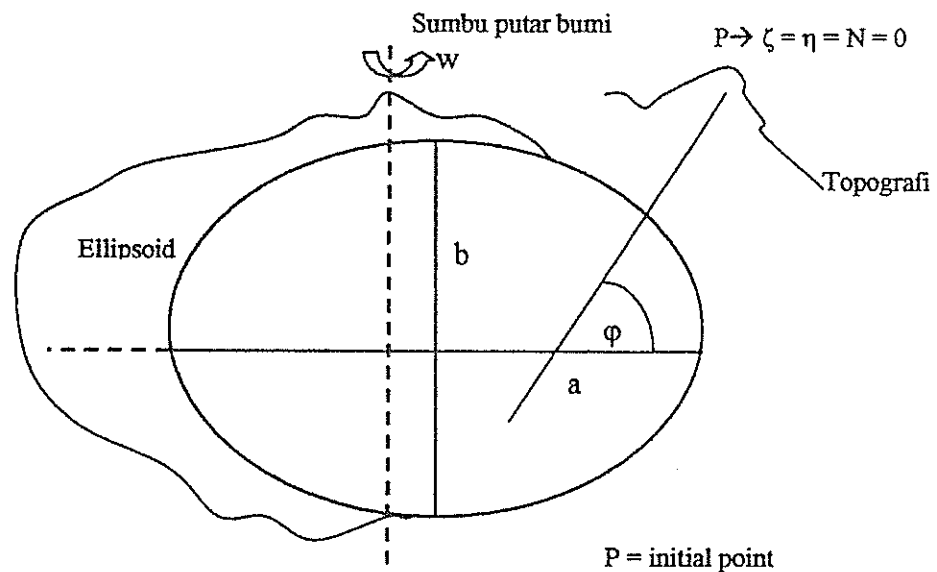
Dalam praktek jarak AB maksimum 25 km (untuk daerah relatif datar) dan 10 km (untuk daerah pegunungan), maka rumus (39) dapat disederhanakan menjadi :

$$N_B - N_A = \frac{\varepsilon A + \varepsilon B}{2} S \dots\dots\dots (41)$$

Untuk S adalah jarak A dan B

Koordinat astronomi (φ, λ) bisa diperlihatkan secara langsung dengan melakukan pengamatan astronomi (lintang). Menurut J Soebarjo (1976) pengamat yang terlatih tidak dapat menentukan lintang dan bujur dengan ketelitian $\pm 2''$ dalam dua malam terang. Kesalahan $\pm 2''$ mengakibatkan kesalahan ΔN sebesar 1 : 100.000 jaraknya.

Lintang dan bujur (η, λ) geodesi diperoleh dengan pengukuran triangulasi. Dalam suatu sistem triangulasi dipilih "initial point" P dimana $\xi = \eta : N = D$. untuk itu berarti normal geoid berimpit dengan normal ellipsoid dan geoid berimpit dengan ellipsoid di titik P. Azimuth astronomi sama dengan azimuth geodesi.



Gambar 2. Hubungan geoid dan ellipsoid pada initial point P.

Setelah ukuran jarak dan sudut dalam sistem triangulasi direduksi ke ellipsoid, hitungan koordinat dilakukan di atasnya sehingga diperoleh koordinat geodesi.

Dengan melakukan pengukuran astronomi di titik-titik triangulasi dan dihitung koordinat astronominya, maka dengan rumus (40) dapat diperoleh komponen defleksi vertikal. Dimulai dari initial point, dengan rumus (39) atau (41) dapat dihitung undulasi geoid disetiap titik dalam jaringan triangulasi.

Peralatan utama yang digunakan adalah peralatan yang digunakan untuk pengamatan astronomi, misalnya : DKM 3A, atau Theodolit T3 dan alat pencatat waktu Chronometer, chronograph dan time receiver.

2.2. METODA GRAVIMETRIS

Pada metoda ini, geoid ditentukan menggunakan data gaya berat (anomaly). Karena itu disebut metoda gravimetris. Dasar teorinya dapat diuraikan sebagai berikut (lihat gambar 3).

Suatu titik P yang terletak di geoid, diproyeksikan menjadi titik Q di ellipsoid referensi. Jarak PQ disebut undulasi geoid atau tinggi geoid, biasa diberi notasi N . sudut yang dibentuk antara normal geoid (n') terhadap normal ellipsoid (n) disebut DEFLEKSI VERTIKAL (ϵ). Penentuan geoid pada dasarnya adalah penentuan N dan ϵ . Pada gambar 3, vector anomaly gaya berat adalah :

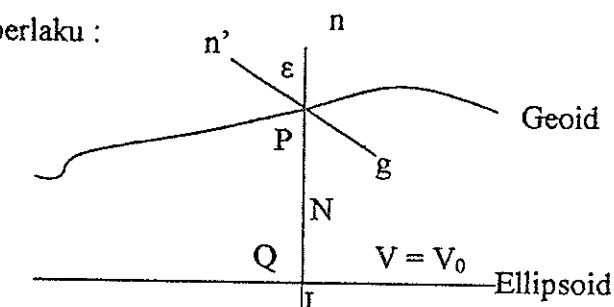
$$\Delta g = g - \gamma$$

Vector mempunyai besar (magnitude) dan arah. Anomaly besarnya sering disebut anomali gaya berat sedang anomaly arah sering disebut defleksi vertikal.

a. Penentuan Undulasi Geoid (N)

perbedaan kecil antara potensial gaya berat yang sesungguhnya (the actual gravity potensial) W dan potensial gaya berat normal H disebut anomaly potensial T ,

sehingga di titik P berlaku :



Gambar 3. geoid dan ellipsoid referensi

Potensial di P yaitu U_p dapat ditentukan dari

$$U_p = U_q + \left(\frac{\partial u}{\partial n} \right)_n \dots\dots\dots (43)$$

$\left(\frac{\partial u}{\partial n} \right) = -\delta$ sehingga $U_p = U_q - \delta N$ dan substitusika ke (41) didapat :

$$W_p = U_p + T : U_q - \delta N T \dots\dots\dots (44)$$

Supaya ellipsoid referensi sepenuhnya mewakili geoid, maka potensial ellipsoid harus sama dengan potensial geoid (N) dan anomaly potensial (T). menurut Gabriel Stokes (1849), anomaly potensial gaya berat T merupakan fungsi anomaly gaya berat Δg , yang dinyatakan dalam persamaan Stokes berikut :

$$T = \frac{R}{4\pi} \iint \Delta R \cdot S(\psi) dL \dots\dots\dots (48)$$

Rumus (48) disebut rumus STOKES, dalam hal ini :

Δg = anomaly gaya berat pada luasan dL .

dL = elemen luas

ψ = jarak steris antara dL dengan titik yang dihitung undulasi geoidnya.

R = jari-jari rata-rata bumi = 6370 km

G = 980 gal, gaya berat rata-rata bumi

b. Penentuan Defleksi Vertikal

Defleksi vertikal yaitu penyimpangan normal geoid terhadap normal ellipsoid dapat ditentukan secara gravimetris. Defleksi vertikal mempunyai dua komponen yaitu komponen utara selatan dan komponen timur barat. Rumus untuk menghitung defleksi vertikal dari data anomaly gaya berat didapatkan oleh Vening Meiness (1928) yaitu :

$$\xi = \frac{1}{4\pi G} \iint \Delta g \quad \frac{ds}{d\psi} \cos \alpha \cdot dL, \dots\dots\dots (49)$$

$$\eta = \frac{1}{4\pi G} \iint \Delta g \quad \frac{ds}{d\psi} \sin \alpha \cdot dL, \dots\dots\dots (50)$$

Dalam hal ini :

ξ = komponen defleksi vertikal utara selatan

η = komponen defleksi vertikal timur barat

$\frac{ds}{d\psi}$ = fungsi vening meines, yaitu :

$$= -\frac{\cos (\Psi / 2)}{2 \sin (\Psi / 2)}+8 \sin \Psi-6 \cos (\Psi / 2) \\ -3 \frac{1-\sin (\Psi / 2)}{2 \sin ^2 \Psi}+3 \sin \Psi-\ln \sin (\Psi / 2)$$

α = Azimuth antara titik hitung dengan elemen luas dL.

Rumus integral stokes dan vening meinesz dalam prakteknya ditentukan harganya secara pendekatan dengan penjumlahan. Karena itu elemen luas dL diganti dengan kompartemen-kompartemen kecil yang diperoleh dari membagi-bagi permukaan bumi (peta). Ada dua cara membagi tersebut yaitu cara template dan grid lines. Untuk mengetahui lebih detail tentang proses hitungan bisa dibaca pada Heiskanen & Moritz (1967).

2.3. GEOIT YANG DITURUNKAN DARI DATA SATELIT

Pengembangan teknologi satelit dan peralatan “microwave” memungkinkan penentuan geoid yang diturunkan dari data satelit. Pada gambar 4, T adalah tinggi

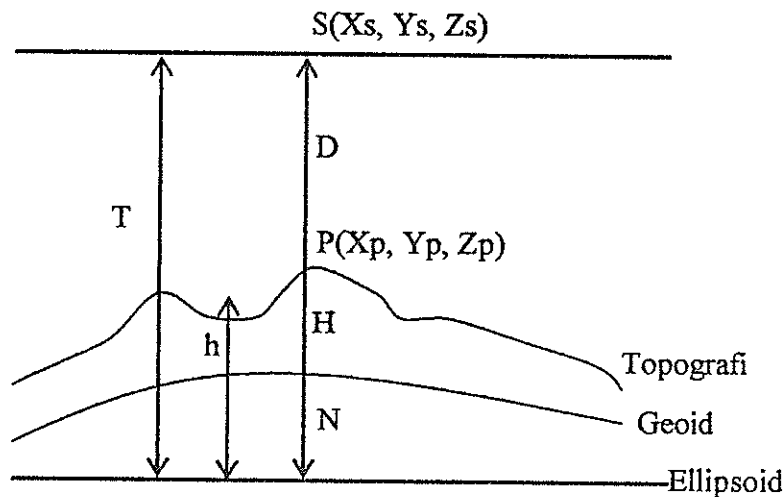
suatu satelit diatas ellipsoid referensi. Ellipsoid tersebut mempunyai parameter a dan f . Dalam sistem koordinat Cartesian yang “originya” adalah pusat ellipsoid posisi satelit adalah (X, Y, Z) .

Sehingga hubungan antara T dengan parameter ellipsoid dan posisi satelit adalah :

$$T = \text{fungsi}(X, Y, Z, n, f)$$

Jika h adalah tinggi satelit di atas permukaan bumi dan H adalah tinggi orthometris stasiun pengamat satelit tinggi geoid dapat diperoleh dengan :

$$N = T - h - H \dots\dots\dots (50)$$



Gambar 4. Geometri penentuan geoid menggunakan data orbit satelit

Persamaan (50) dapat diselesaikan menggunakan data satelit Doppler atau GPS (Global Position Sistem) atau satelit altimeter. Posisi satelit dimonitor secara terus menerus dari stasiun di bumi. Jaringan stasiun di bumi menghasilkan satelit “ephemeris” yang sangat diperlukan untuk penentuan posisi titik di permukaan

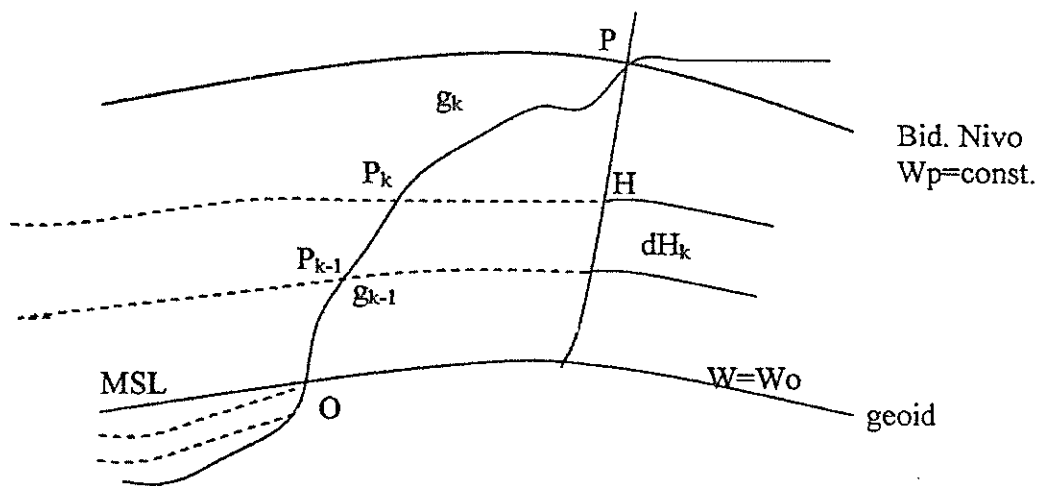
bumi. Bila P adalah suatu titik di permukaan bumi, S adalah posisi satelit, vector jarak PS = D = X - X.

$$\vec{D} = \left[(X_s - X_p)^2 (Y_s - Y_p)^2 (Z_s - Z_p)^2 \right]^{1/2} + c \cdot \Delta t \dots\dots\dots (51)$$

dengan melakukan pengamatan minimal 4 satelit koordinat titik P dapat diketahui.

BAB III. GEOID SEBAGAI REFERENSI TINGGI

Di dalam geodesi, besaran tinggi adalah salah satu unsure posisi yang sangat penting. Untuk memahami pengertian tinggi dalam arti yang sebenarnya marilah kita lihat ilustrasi gambar berikut :



Gambar 5. Bilangan Geopotensial

Potensial yang melalui titik P adalah = W_p dan potensial yang melalui titik O adalah W_o .

Bila titik O adalah titik yang terletak pada geoid, dan titik P adalah titik sembarang yang terletak di bumi, maka selisih potensial $dW = W_o - W_p$ disebut BILANGAN GEOPOTENSIAL (Geopotensial Number), biasanya diberi notasi C, sehingga :

$$C = W_o - W_p = \int_0^H g \cdot dH \quad \dots\dots\dots (52)$$

Karena dH dan g adalah fungsi kontinyu dari posisi, maka integral pers. (52) secara praktis menjadi :

$$C_{ij} = \sum_{k=i}^j \bar{g}_k \cdot dH_k \dots\dots\dots (53)$$

Dimana $\bar{g}_k = 1/2(g_{k-1} + g_k)$

Secara umum dapat ditulis :

$$C = \bar{g} \cdot H, \text{ atau } H = \frac{C}{\bar{g}} \dots\dots\dots (54)$$

Pers. (54) merupakan formula untuk sistem tinggi bilangan geopotensial C diukur dalam satuan geopotensial unit atau g.p.u.

1 g.p.u. = 1 Kgal.meter = 1000 gal meter

Karena $g \simeq 0.98$ Kgal, maka $C = 0.98$

Dengan memasukan 3 harga \bar{g} yang berbeda pada pers. Dikenal 3 macam sistem tinggi dinamis, sistem tinggi orthometris dan sistem tinggi normal.

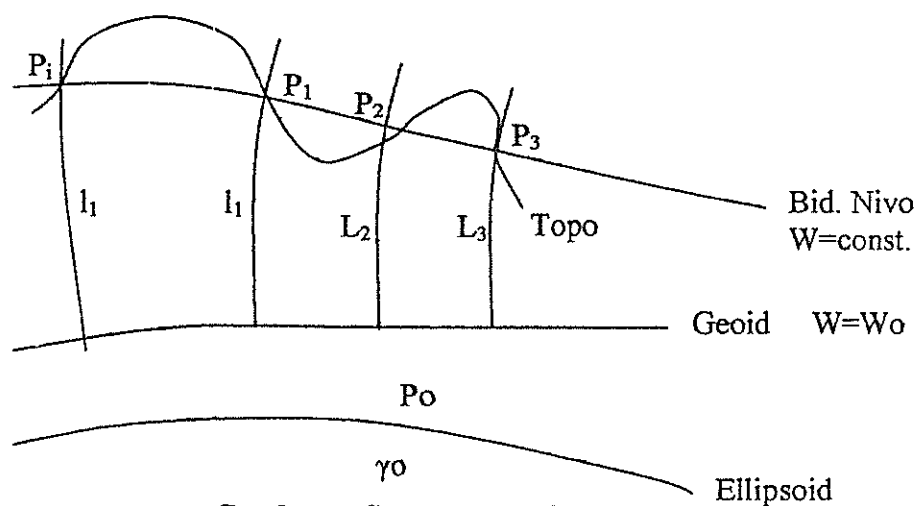
3.1. SISTEM TINGGI DINAMIS

Pada sistem tinggi ini, harga gaya berat rata-rata g diambil suatu harga gaya berat normal standar pada daerah yang bersangkutan, yaitu harga gaya berat normal yang dekat dengan harga gaya berat rata-rata di daerah itu. Untuk sistem tinggi dinamis global, biasanya diambil harga gaya berat normal pada lintang 45 derajat. Sedang untuk daerah Indonesia bisa ditentukan harga gaya berat normal pada ekuator pada sistem referensi GPR 1967 yaitu = 978.032 gal.

$$H^{din} = \frac{C}{\rho} \dots\dots\dots (55)$$

$$\text{Untuk Indonesia : } H^{din} = \frac{C}{978.032 \text{ gal}} \dots\dots\dots (56)$$

Datum tinggi dinamis adalah geoid, tetapi jangan di interpretasikan bahwa tinggi dinamis adalah jarak geometris antara geoid dan titik yang bersangkutan. Dalam gambar 6.



Gambar 6. Sistem tinggi dinamis

Dari persamaan (55) dapat dirumuskan suatu beda tinggi dinamis antara titik A dan B yaitu :

$$\Delta H_{AB}^{din} = H_B^{din} - H_A^{din} = \frac{1}{\gamma_0} (C_B - C_A)$$

$$= \frac{1}{\gamma_0} \int_A^B g \, dn$$

$$= \frac{1}{\gamma_0} \int_A^B (g - \gamma_0 + \gamma_0) \, dn$$

$$= \int_A^B dn \int_A^B \frac{g - \gamma^o}{\gamma^o} dn$$

atau $\Delta H_{AB}^{din} = \Delta n_{AB} + DC_{AB}$ (57)

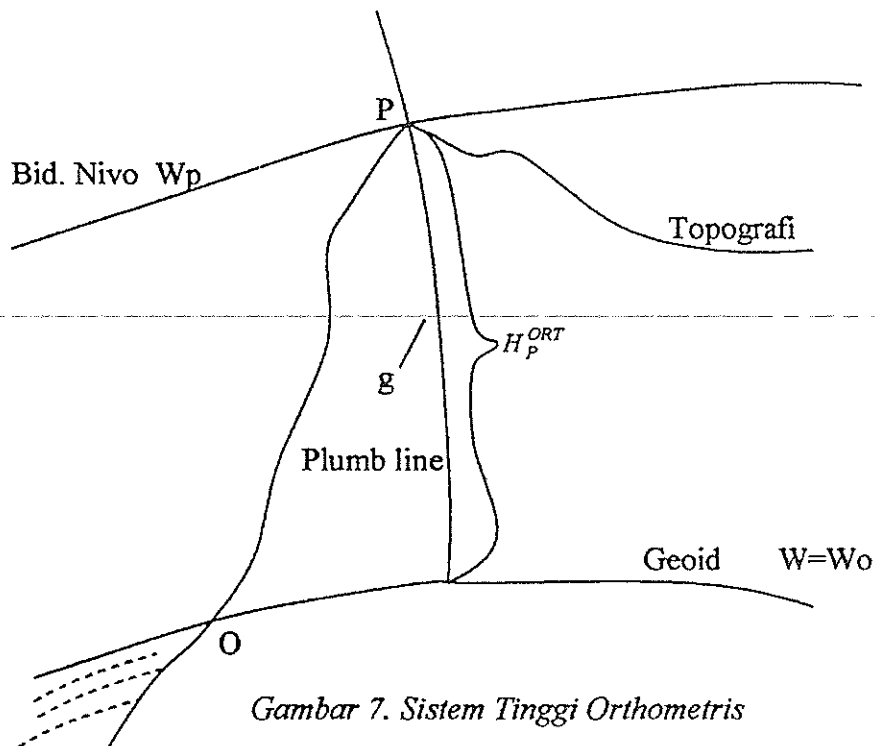
dalam hal ini DC_{AB} = koreksi dinamis yang besarnya dihitung dengan rumus :

$$DC_{AB} = \sum_A^B \frac{G - \gamma^o}{\gamma^o} dn$$
 (58)

dn adalah beda tinggi hasil ukuran sipat datar.

3.2. SISTEM TINGGI ORTHOMETRIS

Tinggi orthometris titik P didefinisikan sebagai jarak geometris antara geoid dan titik P tersebut, diukur sepanjang plumb line yang melalui P. Sistem ini adalah sistem yang pada umumnya dimengerti dan digunakan dalam aplikasi rekayasa.



Gambar 7. Sistem Tinggi Orthometris

Formula untuk tinggi orthometris :

$$H^{ort} = \frac{C}{g^*} \dots\dots\dots (59)$$

g^* adalah gaya berat rata-rata sepanjang plumb line PPO. Menurut Helmert besarnya adalah :

$$g^* = g + 0.0424 \cdot H \dots\dots\dots (60)$$

Bila dilakukan pengukuran sipat datar antara dua titik atau lebih akan didapat beda tinggi dn. Koreksi orthometris harus diberikan terhadap hasil ukuran sipat datar tersebut untuk mengubah beda tinggi sipat datar menjadi beda tinggi orthometris.

Koreksi orthometris dihitung dengan rumus :

$$OC_{AB} = \sum \frac{g - \gamma^o}{\gamma^o} dn + \frac{gB - \gamma^o}{\gamma^o} H_A - \frac{gA - \gamma^o}{\gamma^o} H_B \dots\dots\dots (61)$$

Pada daerah yang relatif sempit dimana bidang nivo dianggap saling sejajar, maka koreksi orthometris biasanya diabaikan. Dari pers. (61) terlihat bahwa untuk menghitung koreksi orthometris diperlukan data gaya berat. Karena itu pada pengukuran sipat datar teliti biasanya dilakukan juga pengukuran gaya berat. Apabila data gaya berat tidak tersedia koreksi orthometris dapat dihitung menggunakan data gaya berat teoritis. Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$OC = -h (\Delta\phi)'' (0.0053 \sin 2\phi) \sin 1'' \dots\dots\dots (62)$$

H = tinggi rata-rata antara kedua titik tersebut

$\Delta\phi$ = beda lintang antara dua titik, positif bila arahnya dari ekuator menuju kutub.

3.3. SISTEM TINGGI NORMAL

Sistem tinggi ini dikemukakan oleh Molodenski (1954), dan sifatnya sangat teoritis sehingga tidak pernah dipakai untuk keperluan praktis. Bentuknya adalah :

$$H^N = C / \gamma^* \dots\dots\dots (63)$$

γ^* adalah gaya berat normal rata-rata sepanjang plum line yang besarnya dapat dihitung dengan :

$$\gamma^* = \gamma (1 - (1 + \rho + m - 2 \rho \sin^2 \phi) H / \pi H^2 / \pi^2) \dots\dots\dots (64)$$

$$m = \omega^2 a / \gamma \epsilon$$

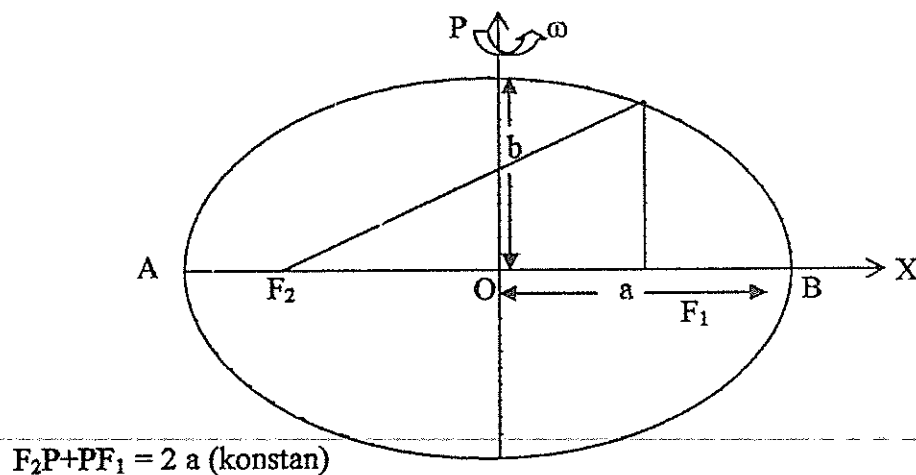
BAB IV. ELLIPSOID

Ellipsoid adalah model teoritis yang paling representatif untuk bumi. Yang dimaksud ellipsoid disini adalah ellip yang berotasi pada sumbu pendeknya. Ellipsoid yang digunakan sebagai model bumi sering disebut Ellipsoid Referensi.

4.1. PARAMETER DAN KELENGKUNGAN ELLIPSOID

a. Parameter Geometris

Besarnya ellipsoid pada dasarnya ditentukan oleh dua parameter geometris yaitu : setengah sumbu panjang dan b = setengah sumbu pendek.



Gambar 8. Geometris Ellipsoid

Umumnya besaran b diganti dengan suatu besaran lain yang lebih sesuai untuk ekspansi deret yaitu :

$E = (a^2 - b^2)^{1/2}$, disebut Eksentrisitas linear,

$f = (a - b) / a$, disebut Penggepengan (flattening),

$e^2 = (a^2 - b^2) / a^2$, disebut Eksentrisitas pertama,

$e'^2 = (a^2 - b^2) / b^2$, disebut Eksentrisitas kedua,

b. Hubungan antara masing-masing besaran :

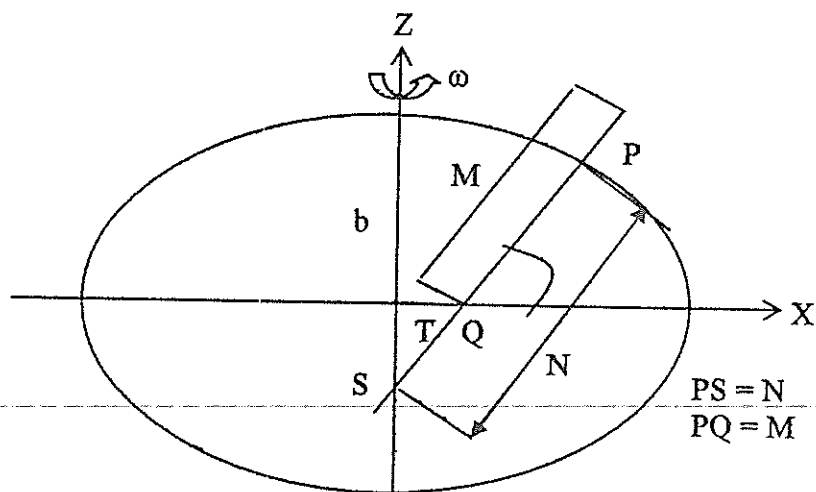
$$1. b = a (1 - f) = (1 - e^2)^{1/2} = 1 / (1 + e^2)^{1/2}$$

$$2. b^2 = a^2 (1 - e^2)$$

$$3. e^2 = a f - f^2$$

c. Kelengkungan pada ellipsoid :

Garis-garis meridian dan paralel pada ellipsoid adalah merupakan suatu garis lengkung, karena itu tentunya memiliki jari-jari kelengkungan :



Gambar 9. Jari-jari kelengkungan pada Ellipsoid

1. Jari-jari kelengkungan meridian

$$M = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \vartheta)^{3/2}} \dots\dots\dots (65)$$

2. Jari-jari kelengkungan vertikal utama (prima vertikal)

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \vartheta)^{1/2}} \dots\dots\dots (66)$$

Catatan : Notasi *N* disini jangan dikacaukan dengan notasi undulasi geoid yang juga mempunyai notasi yang sama, karena pengertiannya berbeda.

3. Jari-jari kelengkungan rata-rata

$$R = 1/2(1/M + 1/N) \dots\dots\dots (67)$$

4. Jari-jari kelengkungan normal pada azimuth sembarang (α) :

$$\frac{1}{R\alpha} = \frac{\cos^2 \alpha}{M} + \frac{\sin^2 \alpha}{N} \dots\dots\dots (68)$$

5. Panjang busur meridian

Panjang busur pada meridian ellipsoid antara 3 titik yang mempunyai lintang φ_1 dan φ_2 adalah :

$$S = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{a(1-e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}} d\varphi \dots\dots\dots (69)$$

Penyelesaian integral tersebut dengan deret diperoleh :

$$\begin{aligned} S &= a(1-e) [A(\varphi_2 - \varphi_1) - B/2(\sin^2 \varphi_2 - \sin^2 \varphi_1)] \\ &\quad + C/4(\sin 4\varphi_2 - \sin 4\varphi_1) - D/6(\sin 6\varphi_2 - \sin 6\varphi_1) \\ &\quad + E/8(\sin 8\varphi_2 - \sin 8\varphi_1) - F/10(\sin 10\varphi_2 - \sin 10\varphi_1) \end{aligned}$$

d. Parameter fisis

Parameter fisis suatu ellipsoid antara lain :

1. Konstante gravitasi geocentris (GM)
2. Kecepatan sudut rotasi (ω)

3. Potensial normal ellipsoid (U)

4. Gaya berat normal (γ)

4.2. BEBERAPA SISTEM REFERENSI GEODESI

Berikut diberikan data 3 sistem referensi geodesi yang sering digunakan yaitu :

Sistem Internasional 1930, GRS – 1967 dan GRS – 1980.

1. Sistem Internasional 1930

Sistem ini yang diadopsi pertama sekali secara internasional oleh International of Geodesy yaitu pada saat siding umum di Madrid tahun 1924 dan di Stockholm (Swedia) tahun 1930. Sistem ini memiliki 3 konstante sebagai berikut :

$$a = 6.378.388 \text{ meter}, \quad f = 1 / 297$$

Rumus gaya berat normal :

$$\gamma = \gamma_E (1 + A \sin^2 \varphi + B \sin^2 2\varphi)$$

untuk : $\gamma_E = 978.0490 \text{ gal}$, gaya berat normal di ekuator.

$$A = 0.0652384$$

$$B = -0.0000059$$

2. Geodetic Reference Sistem 1967 (GRS 67)

Sistem ini diadopsi pada sidang umum IV66 (International Union of Geodesy and Geophysiec yang ke XIV di tahun 1967). Parameter-parameternya antara lain adalah :

Parameter Geometris :

$$a = 6.378.160 \text{ meter}$$

$$b = 6.256.774,5161 \text{ meter}$$

$$f = 1/298,247$$

$$E = 521.864,6732 \text{ meter}$$

Parameter Fisis :

$$GM = 396.603 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ det}^{-2}$$

$$\Omega = 7,292\,115\,1467 \times 10^{-5}$$

$$\text{Potensial normal} = Up = 6.263.703,$$

$$\gamma_E = 978,03184558 \text{ gal}$$

$$\gamma_P = 983,21772782 \text{ gal}$$

Rumus gaya normal :

$$\gamma = 978,03185 (1 + 0,005278895 \sin^2 \varphi + 0.000023462 \sin^4 \varphi) \text{ gal}$$

untuk setiap kegiatan survey pemetaan di Indonesia sejak tahun 1975, melalui keputusan BAKOSURTANAL ditetapkan menggunakan sistem referensi geodesi GRS – 67.

3. Geodetic Reference Sistem 1980 (GRS 80)

Sistem ini diadopsi pada bulan Desember 1979 pada saat sidang umum IUGG ke XVII di Cambera, parameternya :

$$a = 6.376.137 \text{ m}$$

$$b = 6.356.752,31418 \text{ m}$$

$$E = 521854,0097 \text{ m}$$

$$GM = 3986005 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ det}^2$$

$$\omega = 7,292115 \times 10^{-5} \text{ rad/det}$$

$$f = 1 / 298,257222$$

$$V_0 = 6263686,0850 \text{ kgal m}$$

$$\gamma_E = 978,0326771 \text{ gal}$$

$$\gamma_P = 983,21863685 \text{ gal}$$

Rumus gaya berat normal :

$$\gamma = 978,0327 (1 + 0,0053024 \sin \varphi - 0,00000582 \sin^2 \varphi) \text{ gal}$$

sebagai informasi tambahan, pada zaman Belanda, di Indonesia digunakan

ellipsoid Bessel 1841 dengan parameter :

$$a = 6.377.397,115 \text{ m}$$

$$f = 1 / 299,1528$$

BAB V. SISTEM KOORDINAT

Salah satu fungsi utama geodesi adalah menentukan posisi titik di bumi. Posisi titik di bumi selalu dinyatakan dalam koordinat. Karena itu di dalam geodesi, sistem koordinat menjadi suatu hal yang sangat penting untuk dipahami. Ada berbagai macam sistem koordinat yang digunakan dalam geodesi. Bila diklasifikasi maka dapat diklasifikasi menurut : posisi pengamat, kedudukan bumi, bentuk sistem koordinat dan kedudukan sistem terrestris, sistem langit (celestial) dan sistem orbit.

Secara umum untuk mendefinisikan suatu sistem koordinat harus terlebih dahulu ditentukan :

1. Lokasi origin (titik awal)
2. Orientasi (arah) dari ketiga sumbu koordinat
3. Parameter-parameter (Cartesian, Culvelinear) yang mendefinisikan posisi suatu titik yang direferensikan terhadap sistem koordinat.

Tidak semua sistem koordinat akan dibicarakan di sini, tetapi berikut ini akan diberikan secara ringkas beberapa sistem koordinat yang sering digunakan di dalam geodesi, khususnya untuk menyatakan posisi titik di permukaan bumi.

5.1. SISTEM KOORDINAT

5.1.1. Sistem Koordinat Tegak Lurus (Rectangular) X, Y, Z

Pusat (origin) dari sistem ini terletak pada pusat ellipsoid. Sumbu Z berimpit dengan sumbu rotasi bumi. Sumbu X dan sumbu Y terletak pada bidang ekuator. Pada umumnya sumbu X terletak pada bidang meridian nol (meridian Greenwich). Posisi suatu titik P di bumi dalam sistem koordinat rectangular adalah :

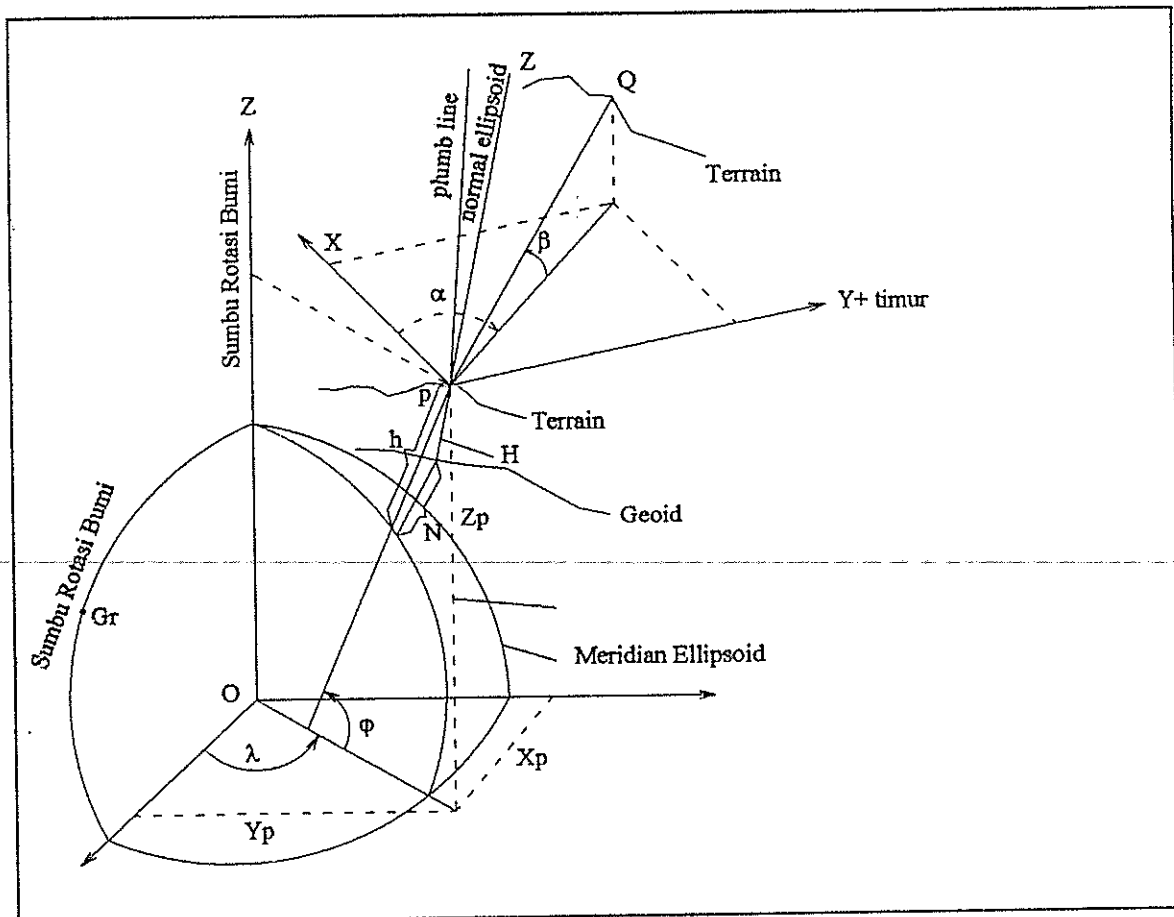
$$P = (X_P, Y_P, Z_P)$$

5.1.2. Sistem Koordinat Geodesi

Pada sistem koordinat geodesi, origin terletak dekat dengan pusat bumi. Sumbu Z adalah searah atau sejajar dengan sumbu rotasi bumi. Sumbu X dan Y terletak pada bidang ekuator. Posisi suatu titik di bumi pada sistem ini dinyatakan dengan Lintang Geodesi (ϕ), Bujur Geodesi (λ) dan h yaitu tinggi di atas ellipsoid referensi. Pada gambar 10, lintang geodesi titik P adalah sudut yang dibentuk oleh normal ellipsoid yang melalui P dengan bidang ekuator. Bujur geodesi adalah sudut antara meridian Greenwich dengan meridian yang melalui P. Unsur ketiga tinggi h adalah tinggi di atas ellipsoid yang diukur di sepanjang normal ellipsoid yang melalui P. Bila H adalah tinggi orthometris dan N adalah undulasi geoid maka : $h = H + N$. Sehingga koordinat P (ϕ, λ, h). lihat gambar 10.

5.1.3. Sistem Koordinat Geodesi Lokal

Pada sistem ini origin terletak disepanjang normal ellipsoid yang melalui stasiun pengamat. Pada prinsipnya origin bisa terletak dimana saja di sepanjang normal ellipsoid, tetapi dalam praktek origin dipilih pada stasiun pengamat. Sumbu Z adalah normal ellipsoid yang melalui titik pengamat. Bidang yang memuat sumbu X dan Y adalah bidang yang tegak lurus sumbu Z yaitu bidang singgung yang melalui titik pengamat. Biasanya arah X positif adalah ke kutub utara bumi dan arah sumbu Y positif adalah ke arah timur. (lihat gambar 10).



Gambar 10. Sistem koordinat Rectangular, Geodesi dan Geodesi lokal

5.1.4. Sistem Koordinat Astronomi

Sistem ini sering disebut sistem koordinat alamiah (natural). Origin pada sistem ini terletak dekat dengan pusat bumi. Lintang astronomis (L) titik P adalah sudut yang diukur pada bidang meridian yang melalui P , diukur dari bidang ekuator sampai arah vertikal (plumb line) yang melalui P_0 . Positif ke arah utara dan sebaliknya. Bujur astronomi (B) adalah sudut yang diukur pada bidang ekuator dari meridian Greenwich sampai kemudian yang melalui P , positif ke arah timur dan sebaliknya.

Unsur yang ketiga adalah H yaitu tinggi Orthometris. Sehingga posisi P dalam koordinat alamiah adalah (L, B, H) , L dan B bisa diukur secara langsung dengan melakukan pengamatan astronomis (matahari atau bintang) dan H diperoleh dari sipat datar.

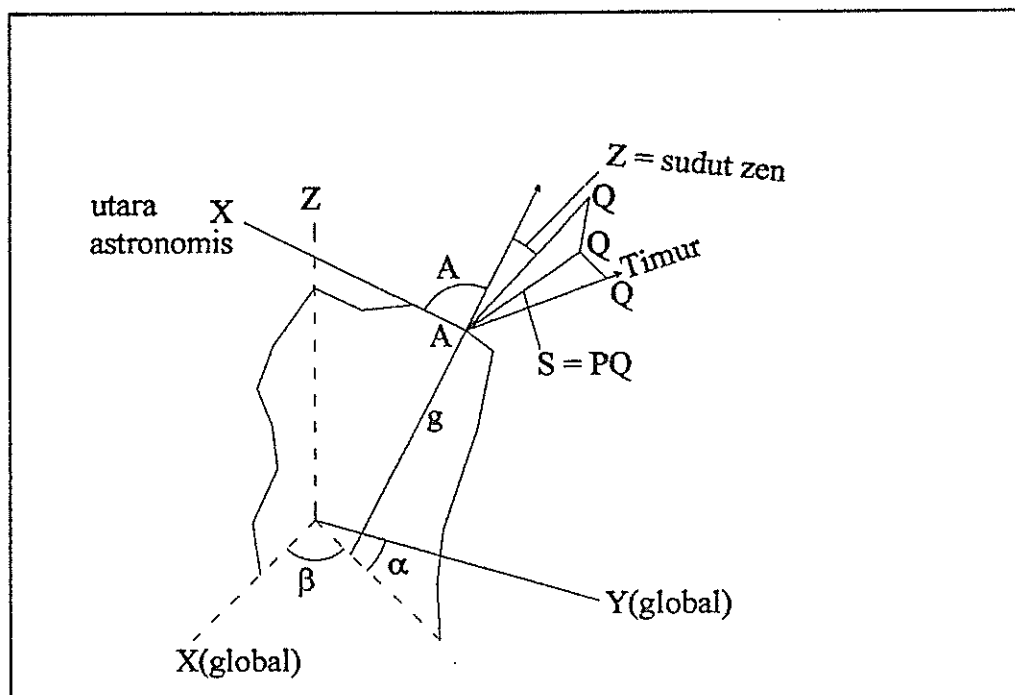
5.1.5. Sistem Koordinat Astronomi Lokal

Pada sistem ini origin terletak pada stasiun pengamat. Mirip dengan sistem geodesi lokal, tetapi pada sistem ini sumbu Z adalah normal geoid atau plumb line (bukan normal ellipsoid). Sumbu X dan Y terletak pada bidang yang tegak lurus plumb line yang melalui origin. Bidang ini sering disebut horizon. Sumbu X positif menuju kutub utara bumi, dan sumbu Y positif menuju ke arah timur. Sering juga sebaliknya Y positif ke arah utara dan X positif ke arah timur.

Besaran-besaran yang diukur sebagai unsur posisi adalah Azimuth Astronomi (A), sudut Zenith (Z) dan jarak S. Sehingga posisi titik Q adalah :

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = S \begin{bmatrix} \cos A \cos Z \\ \sin A \cos Z \\ \sin Z \end{bmatrix}$$

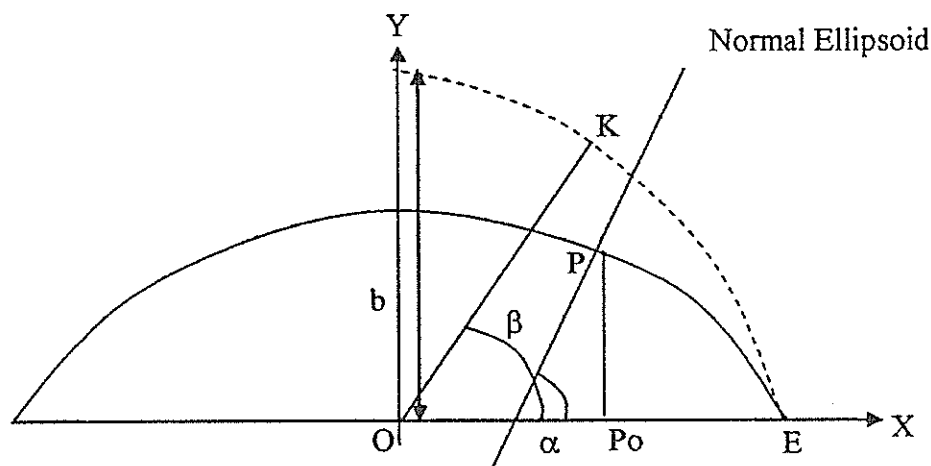
Sistem koordinat geodesi local dan astronomi local sering disebut sistem koordinat TOPOCENTRIS.



Gambar 11. Sistem koordinat : Astronomi dan Astronomi Lokal

5.1.6. Sistem Koordinat dengan Reduced Latitude

Origin terletak di pusat bumi (elipsoid). Bujur pada sistem ini sama dengan bujur geodesi (λ). Sedang lintangnya adalah Reduced Latitude, diperoleh sebagai berikut (lihat gambar 12).



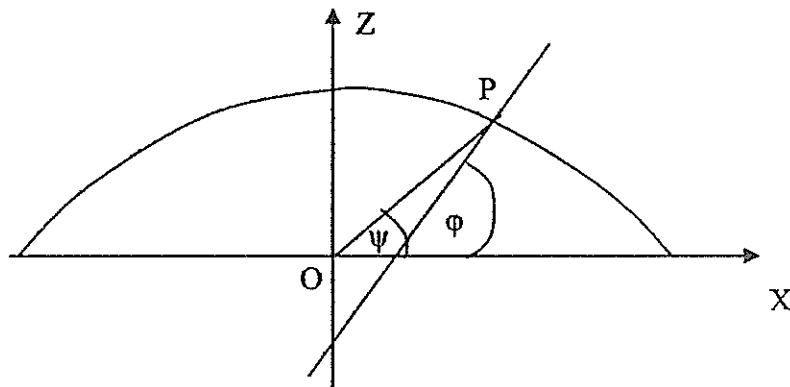
Gambar 12. Sistem koordinat : Reduced Latitude

Dibuat lingkaran pusatnya O dengan jari-jari = a . PPO memotong lingkaran di K. Hubungkan K dengan O. Sudut $KOE = \beta$ disebut reduced latitude dari titik P. Sistem ini pada umumnya dipakai untuk menyatakan posisi titik yang terletak pada permukaan ellipsoid. Unsur tinggi adalah nol, sehingga titik pada ellipsoid adalah (β, λ) .

5.1.7. Sistem Koordinat Geocentris

Orgin sama dengan pada sistem geodesi. Bujur pada sistem ini sama dengan bujur pada sistem geodesi. Unsur lintang adalah lintang geocentris ψ yaitu sudut antara vector jari-jari titik yang ditentukan posisinya dengan bidang ekuator, lihat gambar 13.

Sistem ini sering digunakan dalam astronomi dan geodesi satelit.



Gambar 13. Sistem koordinat : Geocentris

5.2. HUBUNGAN ANTARA BERBAGAI SISTEM KOORDINAT

Untuk berbagai keperluan, sering harus diketahui hubungan antara sistem koordinat. Berikut diberikan beberapa hubungan antar berbagai sistem koordinat.

Hubungan-hubungan yang akan diuraikan dibawah ini, dikemukakan dengan asumsi : origin dan sumbu-sumbu koordinat adalah berimpit. Bila origin dan sumbu-sumbunya tidak saling berimpit, perlu dilakukan transformasi. Persoalan transformasi koordinat banyak ditemui kegiatan geodesi praktis di Indonesia. Untuk itu akan dibicarakan pada buku B.

1. Hubungan sistem Rectangaular dengan sistem Geodesi.

$$X = (N + h) \cos \varphi \cos \lambda$$

$$Y = (N + h) \cos \varphi \sin \lambda$$

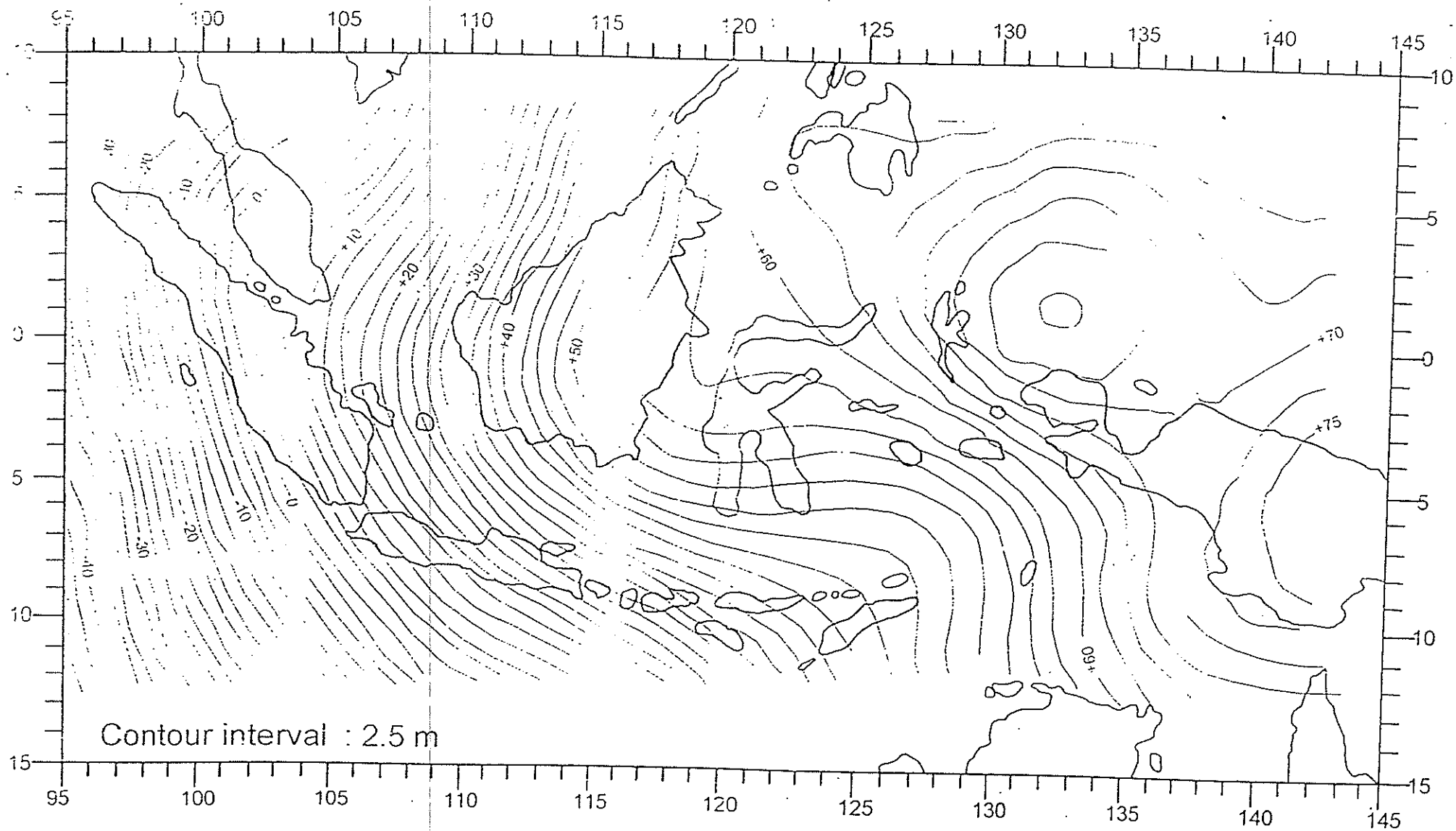
$$Z = ((1 - \varepsilon^2) N + h) \sin \varphi$$

Dimana N adalah jari-jari kelengkungan prime vertikal.

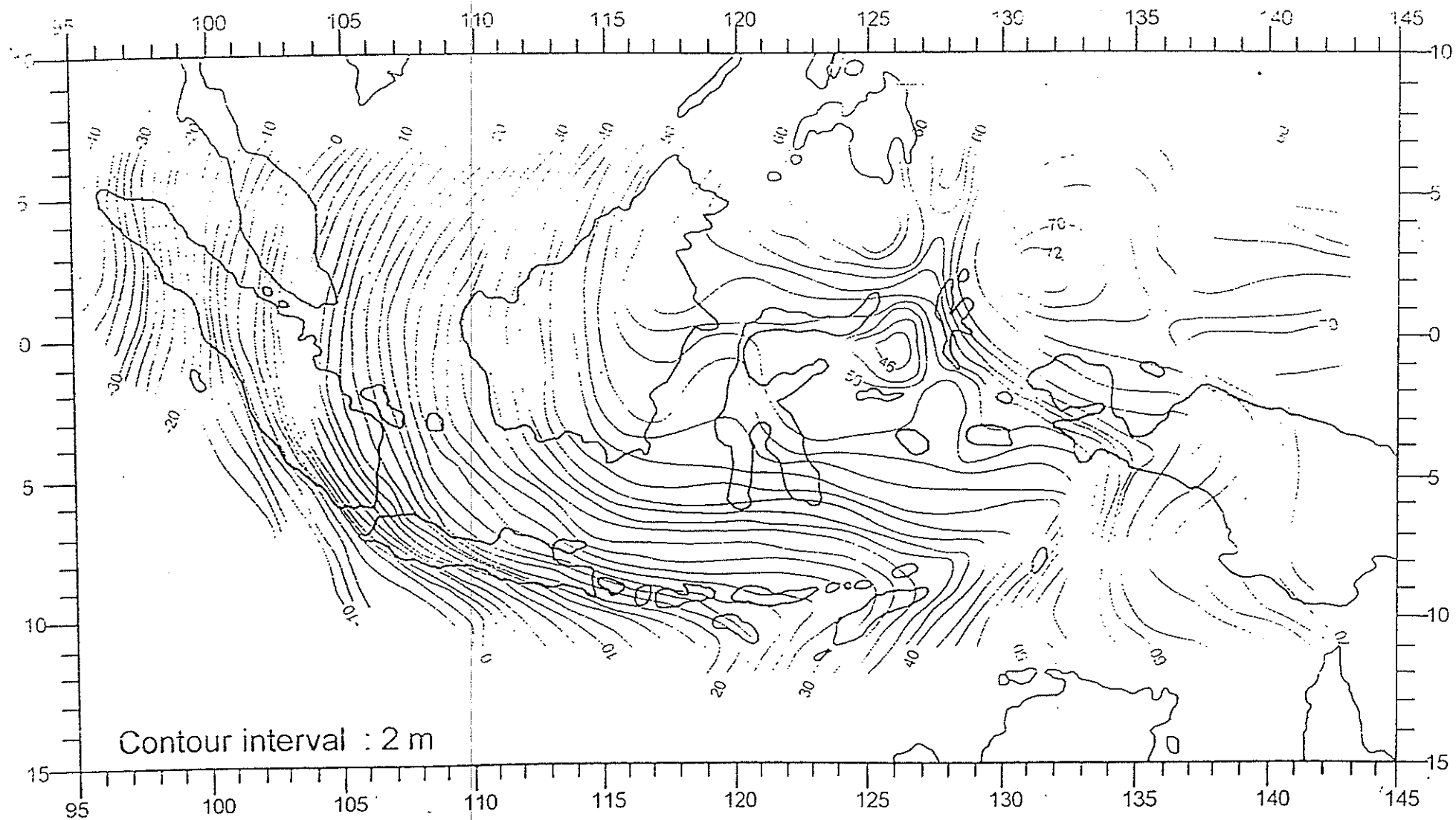
$$N = \frac{a}{(a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}}$$

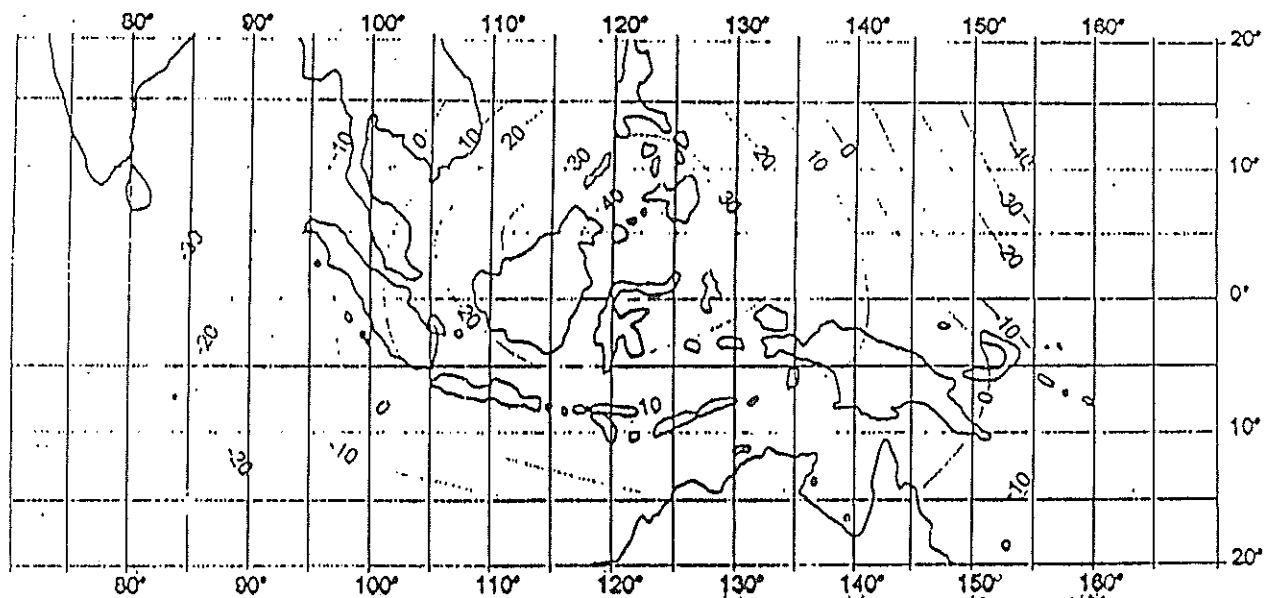
LAMPIRAN

(GAMBAR-GAMBAR)

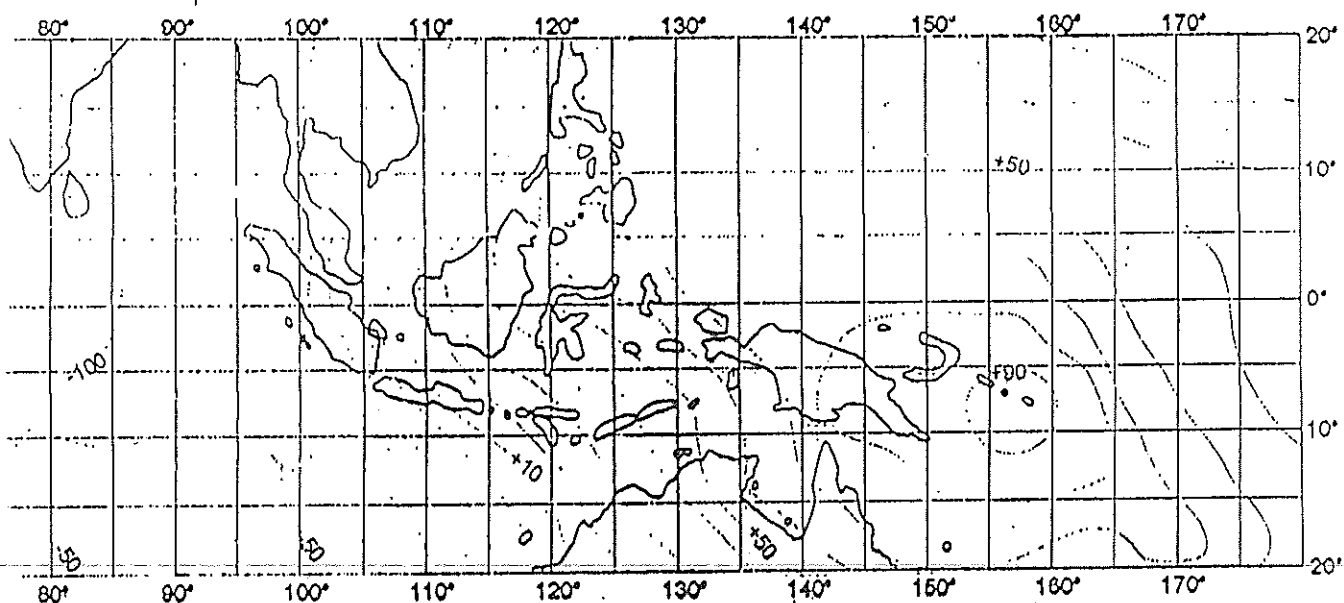


GEM-10B geoid on spheroid of $a - 6378139 \text{ m}$
 $f^{-1} - 6378139 \text{ m}$





UNDULASI GEOID DIATAS TRANSLASI GRS 87



UNDULASI GEOID DIATAS GRS - 87

KONTUR UNDULASI DALAM METER

GAMBAR : PETA UNDULASI GEOID INDONESIA DIATAS GRS - 87

DAFTAR PUSTAKA

Heiskanen, W.A., Norits, H., 1967, "Physical Geodesy" W.H. Freeman and Co., San Fransisco.

Kahar, J., 1976, " Penentuan N , ξ , η , Pada Titik Datum Geodesi Dengan Cara Gravimetris", Majalah Survey dan Pemetaan No. 5, Bandung.

Kahar, J., 1981, " Analysis of Geoid in Indonesian Region" Disertasi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Laurila, S.H., 1975, " Electronic Surveying and Navigation", John Wiley and Sons, Inc., P 227 – 234, Canada.

Pick, Milos, et al, 1973, "Theory of the Earth's Gravity Field"" Elsevier Science Publ. Comp., Amsterdam.

Sjamsir Mira, 1979, "Geoid dan Permukaan Laut Rata – rata", Ceramah Ilmiah, Departemen Geodesi ITB, Bandung.

Soenajo, J., 1976, "Pemikiran Kearah Finalisasi Hitungan Geodesi di Indonesia", Simposium Pendidikan dan Geodesi, Ikatan Surveyor Indonesia, Yogyakarta.

Sumaryo, 1981 " Astrogravimetric Leveling dan Kemungkinan Pemakaiannya di Indonesia ", Pertemuan Ilmiah Tahunan HAGI, ke VI, Yogyakarta.

PEMETAAN FOTOGRAMETRI

(BUKU AJAR)



Oleh :

Ir. Bambang Sudarsono, MS

Ir. Hani'ah

Ir. Sawitri Subiyanto, M.Si

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2007**

Kata Pengantar

Ucap syukur Alhamdulillah dan dengan ridho dan rahmat dari Allah SWT, kami dapat menyelesaikan buku ajar bagi mahasiswa Teknik Geodesi FT Undip dengan judul Pemetaan Fotogrametri

Maksud dibuatnya buku ajar ini adalah sebagai tuntunan bagi mahasiswa dalam mengikuti mata kuliah Pemetaan Fotogrametri. Materi yang ada dalam buku ajar ini kami sesuaikan dengan materi yang telah diterapkan dalam silabus maupun GBPP dari mata kuliah yang bersangkutan. Isi yang dikandung dalam buku ajar ini mungkin ada kekurangan sehingga diharapkan mahasiswa dapat mendalami pada waktu perkuliahan ataupun membaca pada buku referensi lain ataupun yang tertulis dalam daftar pustaka.

Semoga Buku ajar ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Geodesi FT Undip pada khususnya dan seluruh mahasiswa Undip pada umumnya. Untuk lebih menyempurnakan Buku ajar ini kami siap menerima kritik dan saran dari berbagai pihak. Akhirnya kami sampaikan terima kasih kepada para pembaca yang budiman dan seluruh pihak yang membantu terselesaiannya buku ini.

Semarang, 1 September 2007

Penulis

Ir. Bambang Sudarsono, M.S

Ir. Hani'ah

Ir. Sawitri Subiyanto, M.Si

DAFTAR ISI

	KATA PENGANTAR	i
	DAFTAR ISI	ii
BAB I	PENDAHULUAN	1
BAB II	DASAR-DASAR OPTIS FOTOGRAMETRI	5
BAB III	UNSUR-UNSUR PEMOTRETAN UDARA	8
	3.1. Pesawat Terbang	8
	3.2. Kamera Udara	9
	3.3. F i l m	11
	3.3.1. Karakteristik Film	11
	3.3.2. Jenis Film	12
	3.4. Proses Fotografi	13
BAB IV	FOTO UDARA	15
	4.1. Tanda-Tanda Tepi Foto Udara	15
	4.2. Geometri Foto Udara	16
	4.3. Skala Foto Udara	17
	4.4. Penentuan Koordinat Tanah Dari Foto Udara ..	18
	4.5. Pergeseran Relief	20
	4.6. Sumber-Sumber Kesalahan Pada Foto Udara	22
	4.7. Foto Stereo	24
	4.8. Paralaks X	25
	4.9. Penentuan Beda Tinggi Dengan Paralaks X	28
BAB V	PEMOTRETAN UDARA	30
	5.1. Perencanaan Pemotretan Udara	30
	5.2. Persiapan	33
	5.3. Pelaksanaan	34
	5.4. Prosesing	34
BAB VI	PENGADAAN TITIK KONTROL TANAH	35
	6.1. Perencanaan Distribusi Titik Kontrol Tanah	35
	6.2. Pemasangan Premark Dan Benchmark	37
	6.3. Pengukuran Titik Kontrol Tanah	38
	6.4. Pengukuran Spotheight	38
	6.5. Hitungan Data Ukuran Lapangan	39

BAB VII	TRIANGULASI UDARA	40
	7.1. Prinsip Triangulasi Udara	40
	7.2. Triangulasi Model Bebas	45
	7.2.1. Persiapan Triangulasi Udara	45
	7.2.2. Pengukuran Koordinat	45
	7.2.3. Pengolahan Data	46
BAB VIII	PROSES PEMBUATAN PETA	47
	8.1. Proses Pembuatan Peta Garis	47
	8.2. Pembuatan Peta Foto	51
	8.2.1. Rektifikasi	52
	8.2.2. Ortofoto	52
BAB IX	PROSES KARTOGRAFI	53
	9.1. Pembuatan Petunjuk Lembar Peta	53
	9.2. Penyusunan Mosaik	54
	9.3. Penggambaran Garis Kontur	56
	9.3.1. Penarikan Garis Kontur Dengan Cara Interpolasi	56
	9.3.1. Penarikan Garis Kontur Dengan Cara Fotogrametri	57
BAB X	INTERPRETASI FOTO UDARA	61
	10.1. Dasar-Dasar Interpretasi Foto Udara	61
	10.2. Tahapan Interpretasi Foto Udara	64
	DAFTAR PUSTAKA	66

BAB I

PENDAHULUAN

Fotogrametri adalah suatu seni, sains dan teknologi untuk memperoleh informasi dari suatu obyek melalui proses pencatatan, pengukuran dan interpretasi fotografis.

Ditinjau dari jenis fotonya, fotogrametri dapat dibagi menjadi :

1. Foto teristris .
2. Foto Udara.

Foto **teristris** dikenal juga dengan nama/istilah "Close Range Photogrammetry". Foto **teristris** ini dihasilkan dari suatu pemotretan dengan menggunakan kamera yang terletak di darat (bukan di udara). Aplikasi fotogrametri **teristris** antara lain untuk kontrol kualitas barang-barang industri seperti pada industri pesawat terbang, mobil dan lain-lain. Selain itu juga untuk keperluan pemotretan benda-benda arsitektur dan arkheologi misalnya pada pemotretan Candi Borobudur yang digunakan untuk keperluan pemugaran candi.

Foto udara dapat dibedakan menjadi : foto udara tegak dan foto udara miring.

- Pemotretan udara tegak.

Pemotretan udara tegak dilaksanakan dengan sumbu optis kamera benar-benar tegak atau hampir tegak (gambar 1.). Hampir semua pemotretan udara untuk pemetaan dilakukan dengan cara ini.

- Pemotretan udara miring.

Pemotretan udara miring dilaksanakan dengan sumbu optis kamera udara yang membentuk sudut dengan garis vertikal.

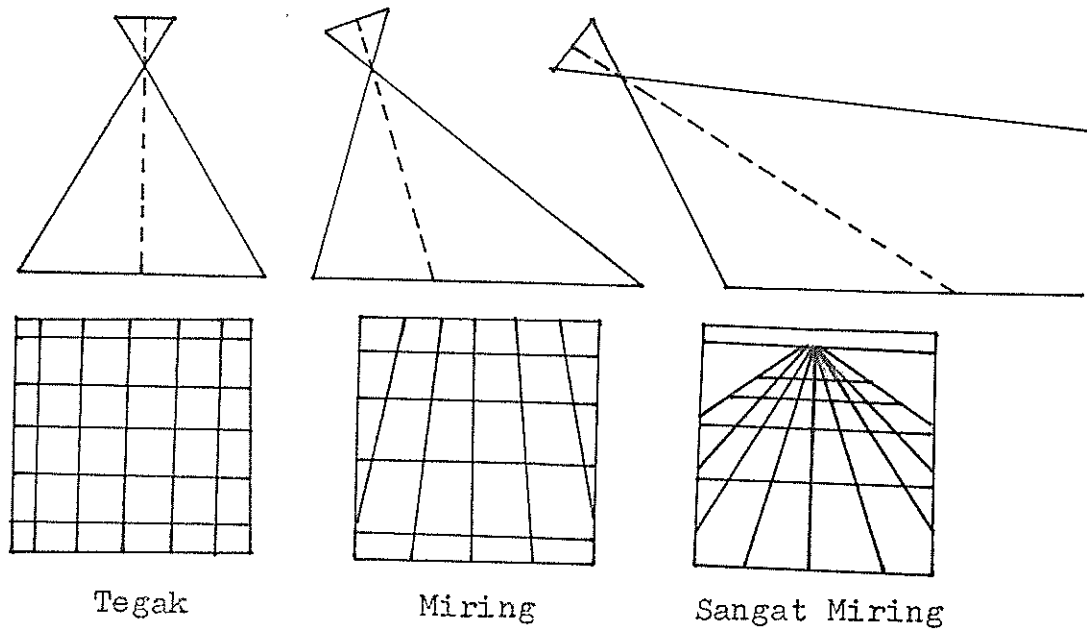
Ada dua macam pemotretan miring masing-masing adalah :

- a. Pemotretan miring (Gambar 1.).

Disini dilakukan pemotretan dengan kamera yang membentuk sudut yang kecil terhadap arah vertikal.

- b. Pemotretan sangat miring (Gambar 1.).

Disini dilakukan pemotretan dengan kamera yang membentuk sudut yang sangat besar terhadap arah vertikal.



Gambar 1. Jenis pemotretan udara

Ditinjau dari data yang dapat diperoleh dari foto udara, fotogrametri dapat dibagi menjadi dua yaitu :

1. Metrik Fotogrametri.

Metrik fotogrametri bertujuan untuk memperoleh data kuantitatif seperti jarak, sudut, luas dan posisi dari suatu obyek. Untuk memperoleh data tersebut diperlukan alat-alat yang khusus serta pengetahuan dan ketrampilan yang tertentu, Pengetahuan disini dimaksudkan untuk mengetahui hubungan matematis antara sistem foto udara dengan sistem tanah, sehingga ukuran-ukuran di foto dapat dipindahkan ke sistem tanah atau sebaliknya.

2. Interpretasi foto udara .

Interpretasi foto udara bertujuan untuk memperoleh data kualitatif dengan cara pengenalan, identifikasi dan interpretasi dari suatu foto udara. Yang dimaksud dengan interpretasi adalah suatu kegiatan untuk mempelajari citra foto udara secara sistematis dengan tujuan mengidentifikasi obyek yang ada pada citra foto udara. Data-data kualitatif dikenal dalam dua bentuk :

- a. Data kualitatif langsung.
- b. Data kualitatif tidak langsung.

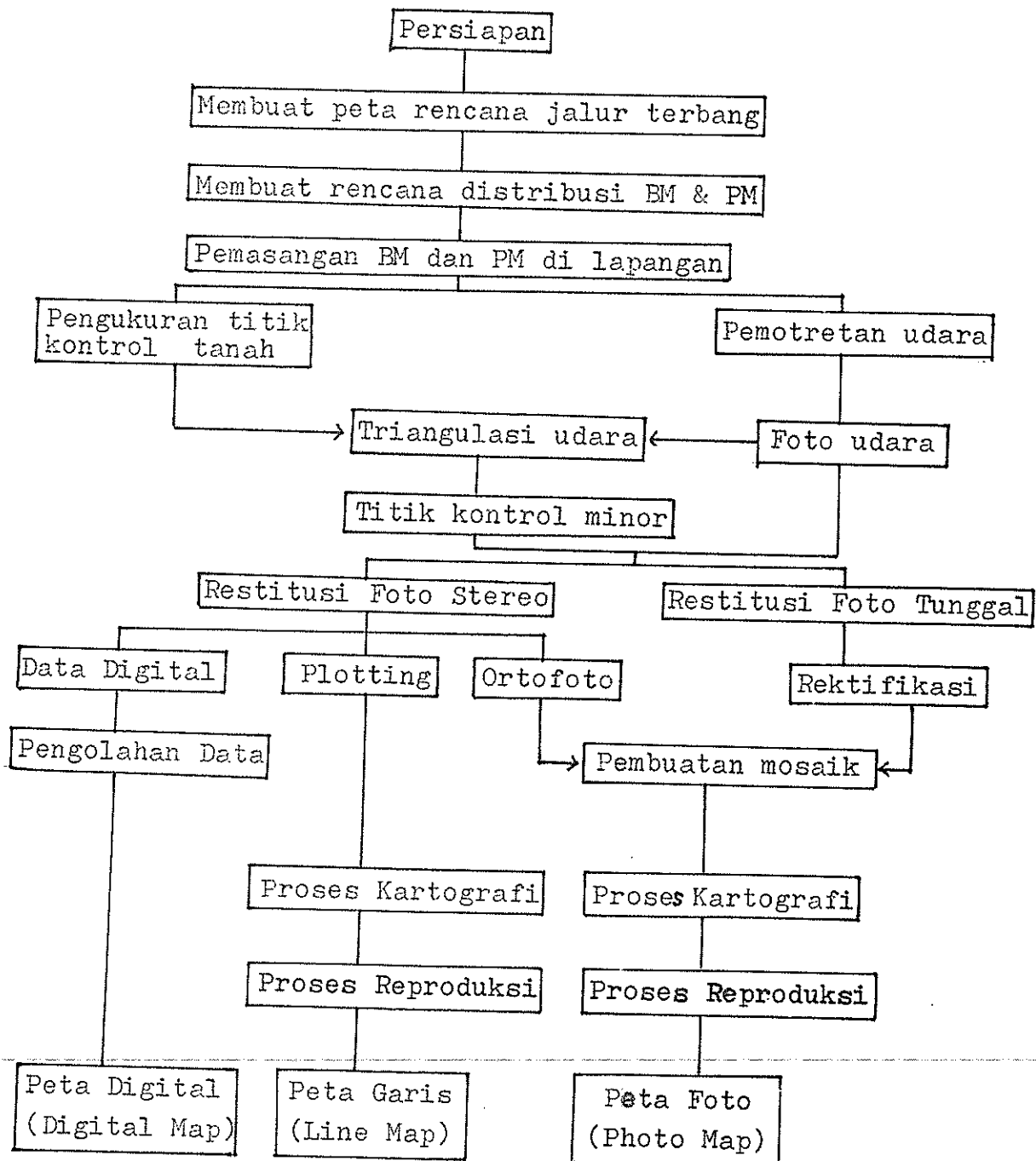
- Data kualitatif langsung artinya data diambil secara langsung dari apa yang terlihat pada foto, misalnya : sawah, jalan, saluran, gunung dan lain-lain.
- Data kualitatif tidak langsung artinya dari data yang terlihat pada foto, kita dapat mengetahui data lain yang tidak terlihat. Misalnya :
 - dari jenis tanaman yang terlihat, kita dapat mengetahui jenis tanahnya.
 - dari jenis erosi yang terlihat, kita dapat mengetahui jenis batuan yang ada dibawahnya.

Data-data kualitatif inilah yang merupakan interpretasi foto udara dan merupakan bagian tersendiri dari pemetaan fotogrametri.

Pembahasan selanjutnya akan dititikberatkan pada penggunaan foto udara vertikal (selanjutnya disebut foto udara saja) untuk keperluan pemetaan secara fotogrametri.

Sebelum membahas proses pemetaan secara fotogrametri perlu kiranya diberikan penjelasan perbedaan antara peta garis dengan foto udara/peta foto. Pada peta garis menggunakan proyeksi ortogonal, sedangkan pada foto udara menggunakan proyeksi central (perspektif). Umumnya pada peta garis diperlukan adanya suatu simbol atau legenda, sedangkan pada peta foto yaitu foto udara yang proyeksinya sudah diubah ke proyeksi ortogonal tidak memerlukan adanya simbol.

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai pemetaan cara fotogrametri, maka diberikan diagram alir pemetaan cara fotogrametri seperti yang dapat dilihat pada Diagram 1.

Diagram 1. Diagram Pemetaan Cara Fotogrametri

BAB II

DASAR-DASAR OPTIS UNTUK FOTOGRAMETRI

Hampir semua peralatan fotogrametri seperti stereoskop, stereo plotter, rektifier dan lain-lain; pada umumnya terdiri dari kombinasi beberapa prisma, lensa dan cermin. Setiap jenis prisma maupun lensa mempunyai fungsi berbeda-beda satu sama lainnya.

Beberapa jenis prisma yang biasa digunakan dalam instrumen fotogrametri antara lain :

1. Right angle (Gambar 2.1a.).

Tipe prisma right angle fungsinya untuk membelokkan arah sinar dengan sudut pembelokkan sebesar 90° .

2. Porro (Gambar 2.1b.).

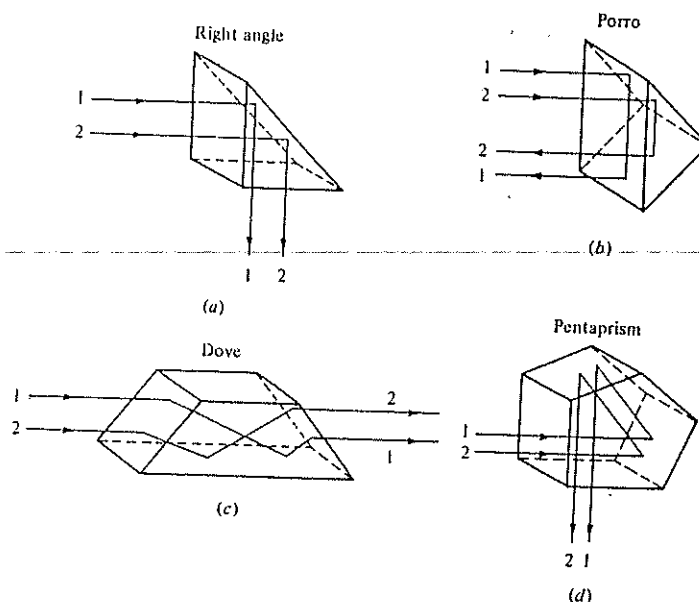
Prisma porro fungsinya untuk membalikkan arah sinar dengan sudut pembalikan sebesar 180° .

3. Dove (Gambar 2.1c.).

Prisma dove fungsinya untuk merotasikan arah sinar sebesar 180° .

4. Pentaprism (Gambar 2.1d.).

Pentaprism fungsinya untuk membelokkan arah sinar dengan sudut pembelokkan sebesar 90° .



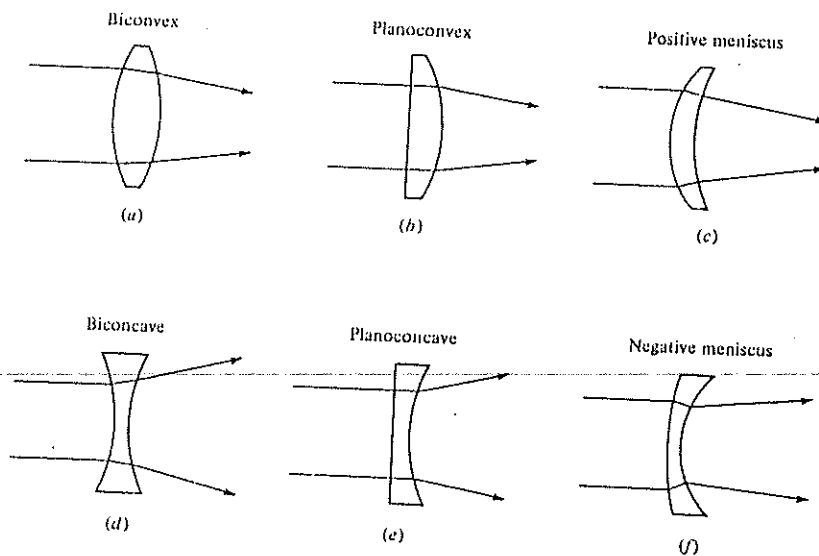
Gambar 2.1. Tipe-tipe prisma

Semua jenis prisma tersebut diatas digunakan secara sendiri-sendiri atau bersamaan dalam instrumen fotogrametri yang fungsinya untuk mengubah arah-arrah berkas sinar atau untuk keperluan orientasi citra fotografis.

Selain beberapa jenis prisma seperti yang telah disebutkan diatas, dalam instrumen fotogrametri juga terdapat beberapa jenis lensa yang terbagi dalam dua bagian :

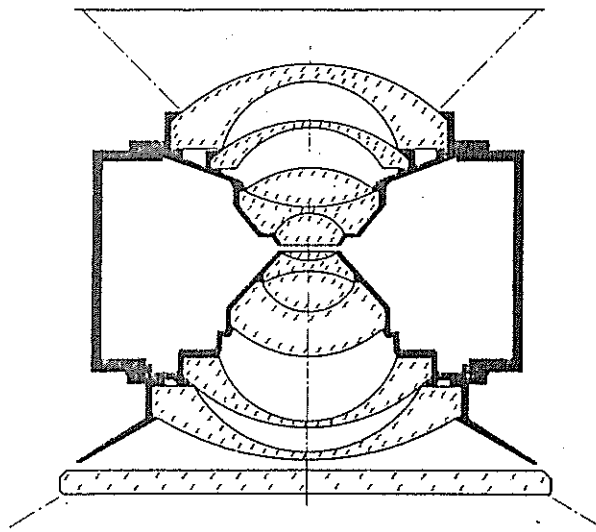
1. Lensa konvergen (positif) yang terdiri dari :
 - a. Lensa Biconvex (Gambar 2.2a.)
 - b. Lensa Planoconvex (Gambar 2.2b.)
 - c. Lensa Positive Meniscus (Gambar 2.2c.)
2. Lensa divergen (negatif) yang terdiri dari :
 - a. Lensa Biconcave (Gambar 2.2d.)
 - b. Lensa Planoconcave (Gambar 2.2e.)
 - c. Lensa Negative Meniscus (Gambar 2.2f.)

Fungsi dari masing-masing lensa adalah membelokkan arah berkas sinar dengan arah pembelokkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2a sampai Gambar 2.2f.



Gambar 2.2. Jenis-jenis lensa

Khusus untuk kamera udara, susunan lensa dibuat dari beberapa kombinasi lensa yang dirancang secara khusus seperti yang terlihat pada Gambar 2.3. Gambar 2.3 menunjukkan suatu gambar penampang melintang lensa Super Aviogon yang terdiri dari 12 jenis lensa.



Gambar 2.3. Penampang Melintang lensa Super Aviogon

BAB III

UNSUR-UNSUR PEMOTRETAN UDARA

Unsur-unsur yang perlu diperhatikan dalam pemotretan udara adalah sebagai berikut :

- Pesawat terbang
- Kamera udara
- Film
- Proses bahan fotografis

3.1. Pesawat Terbang

Penentuan pesawat terbang yang akan digunakan dalam pemotretan udara tergantung pada misi pemotretan udara. Hal-hal penting yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis pesawat terbang untuk pemotretan udara adalah :

- a. Kemampuan ketinggian.
- b. Kecepatan (maksimum/minimum).
- c. Daya jelajah .
- d. Kestabilan pesawat.
- e. Kemampuan beban.
- f. Kebutuhan take-off dan landing.

Apabila jenis pesawat terbang telah ditentukan, maka pesawat tersebut harus memiliki beberapa persyaratan sebagai berikut :

- a. Kompas yang digunakan untuk membantu navigasi.
- b. Altimeter untuk menentukan ketinggian pesawat terbang.
- c. Alat-alat untuk komunikasi.
- d. ~~Jam untuk menentukan waktu pemotretan udara.~~
- e. Sistem oksigen terutama dibutuhkan untuk misi pemotretan udara dengan ketinggian terbang lebih besar 18.000 feet.

Beberapa jenis pesawat terbang yang dapat digunakan dalam pemotretan udara adalah sebagai berikut :

1. Pesawat terbang single engine.

Misalnya : - Gelatik

- Cessna

- Britten Norman Islander

2. Pesawat terbang double engine.

Misalnya : - Cassa 212
 - C47 Dakota/ DC3
 - Beech Craft
 - Aero Commander

3. Pesawat terbang untuk pemotretan misi militer.

Misalnya : - Hercules (mampu terbang 12 jam)
 - Atlantic 4 engine (mampu terbang 14 jam)
 - Boeing 707 / AWACS
 - Mig 25

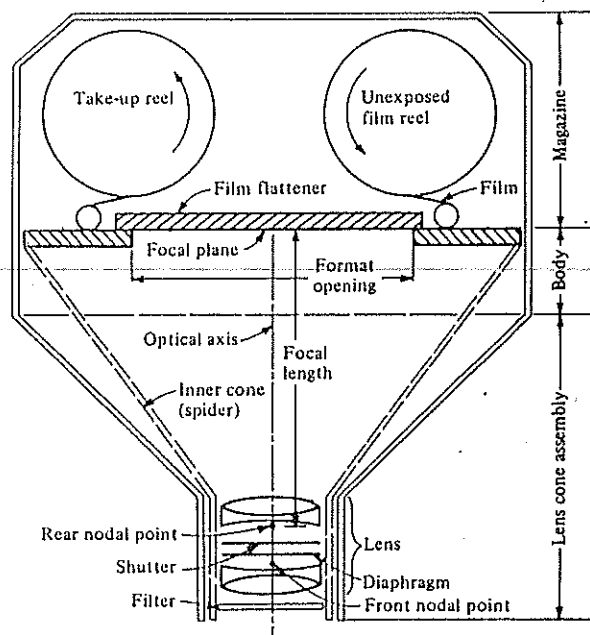
3.2. Kamera Udara

Kamera udara adalah kamera metrik yang fokusnya sudah tertentu. Kamera udara ini berbeda dengan kamera biasa yang non metrik dengan fokus yang dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.

Kamera udara terdiri dari tiga bagian utama yaitu :

- A. Magazin.
- B. Camera body.
- C. Sistem lensa (Lens system).

Bagian-bagian kamera udara secara umum dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1. Penampang melintang kamera udara

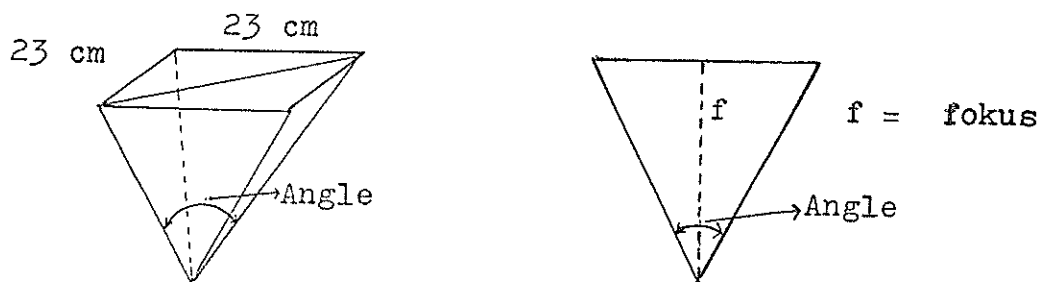
A. Magazin.

Bagian magazin terdiri dari beberapa komponen :

1. Motor drive : untuk memutar/menggerakkan film.
2. Rool film : berisi film yang panjangnya ± 100 feet - 500 feet. Panjang film ini tergantung dari tebal/tipisnya film.
3. Film flattener : untuk mendatarkan film
4. Pompa penghisap : untuk menghisap film agar menjadi datar.

B. Camera Body.

Camera body berbentuk conical (kerucut). Penentuan jenis kamera udara biasanya berdasarkan kriteria besarnya sudut yang dibentuk oleh sumbu diagonal dari kerucut yang terdapat pada camera body.



Gambar 3.2. Sudut kamera udara

Berdasarkan sudut yang dibentuk oleh sumbu diagonal conical, kamera udara dapat dibagi menjadi tiga jenis :

1. Normal Angle (NA); sudut = 52° dan fokus = ± 210 mm
2. Wide Angle (WA) ; sudut = 90° dan fokus = ± 152 mm
3. Super Wide Angle (SWA) ; sudut = 120° dan fokus = ± 88 mm

C. Sistem Lensa.

Sistem lensa terdiri dari beberapa komponen yaitu :

1. Filter.
2. Shutter dengan variasi kecepatan $1/100$ smpai dengan $1/300$ sekon

3. Diafragma atau disebut juga f.stop.

Dalam kamera udara besarnya diafragma ini berkisar antara 4 sampai dengan 5.6, hal ini karena pemotretan udara biasanya dilakukan pada pagi atau sore hari dengan cuaca yang cukup cerah. Besarnya diafragma di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Diafragma} = \frac{\text{Panjang fokus (focal length)}}{\text{diameter lensa (lens diameter)}}$$

4. Intervelometer: alat untuk mengatur interval waktu pemotretan. Penentuan interval waktu pemotretan tergantung pada basis udara, kecepatan pesawat terbang dan overlap yang diinginkan.

Beberapa perlengkapan tambahan kamera udara adalah :

1. Harus selalu ada mounting (dudukan kamera).
2. Gyroscope : alat untuk mengarahkan sumbu kamera.
3. View finder : alat untuk melihat medan pemotretan.
4. Side view finder : alat untuk melihat kesamping. Alat ini merupakan alat tambahan yang tidak mutlak harus ada.
5. Nivo : alat untuk mendatarkan posisi kamera.
6. Power supply.

3.3. F i l m

3.3.1. Karakteristik Film

Karakteristik film ditentukan oleh hal-hal sebagai berikut :

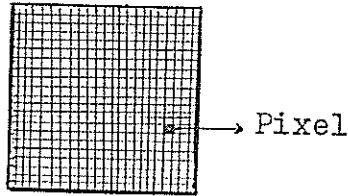
1. Resolving power.

Resolving power adalah kemampuan film menangkap benda-benda yang terkecil. Kemampuan memisahkan benda terkecil yang masih dapat ditangkap oleh film dinyatakan dengan banyaknya garis/mm baik untuk vertikal atau untuk horisontal. Makin tinggi banyaknya baris/mm, makin tinggi resolving powernya yang berarti makin baik filmnya.

2. Pixel (Picture Elemen).

Pixel adalah titik foto yang terkecil.

Makin kecil pixelnya, makin baik kualitas filmnya.



3. Kepekaan Film (Film Sensitivity).

Kepekaan film adalah kepekaan terhadap cahaya atau kecepatan bereaksinya terhadap cahaya. Kepekaan film biasanya dinyatakan dengan :

- ASA (American Standard Association)
- DIN (Deutsch Industrie Norm)
- JIS (Japan Industry Standard)

Besarnya ASA akan mempengaruhi kualitas citra foto udara yang dihasilkan. Keuntungan dan kelemahan dari besarnya ASA dapat diterangkan sebagai berikut :

- Keuntungan ASA kecil : apabila dilakukan pembesaran foto sampai dengan 10 X, citra foto tetap bagus.
- Kelemahan ASA kecil : cahaya yang dibutuhkan lebih besar .
- Keuntungan ASA besar : Pencahayaan tidak terlalu besar
- Kelemahan ASA besar : apabila diperbesar, citra yang dihasilkan kurang bagus.

3.3.2. Jenis FILM

Jenis film ditinjau dari panjang gelombang :

1. Film Pankromatik (Panchromatic) : film yang sensitif terhadap semua sinar yang masuk dalam gelombang tampak.
2. Film Monokromatik (Monochromatic) : film yang sensitif terhadap satu panjang gelombang.

Jenis film ditinjau dari warna dapat dibedakan :

1. Hitam putih : - Hitam putih biasa.
- Hitam putih Infra Merah.
2. Berwarna : - Warna alamiah (Natural Colour).
- Warna semu (False Colour).

3.4. Proses Fotografi

Salah satu unsur yang cukup penting dalam pemotretan udara adalah proses fotografi . Yang akan dijelaskan mengenai proses fotografi disini adalah proses pencucian bahan fotografi. Pada proses pencucian bahan fotografi ini, suatu emulsi perak halida (misalnya AgBr) yang telah disinari akan membentuk bayangan tak terlihat (latent image). Selanjutnya melalui serangkaian proses fotografi, bayangan tak terlihat (latent image) tersebut akan diubah menjadi suatu citra tampak (visible image) dengan menggunakan larutan kimia tertentu.

Proses pembentukan bayangan/citra tersebut dikerjakan dengan urutan sebagai berikut :

1. Developing.

Proses developing ini menggunakan suatu larutan yang disebut developer. Larutan developer ini berfungsi sebagai pembentuk bayangan dari bayangan tak tampak menjadi suatu bayangan/citra tampak.

2. Stop Bath.

Setelah selesai proses developing dilanjutkan dengan memasukkan bahan fotografi kedalam **Stop Bath**. Larutan yang ada dalam Stop Bath ini berfungsi untuk menghentikan pembentukan bayangan. Selain itu larutan Stop Bath juga membersihkan sisa-sisa larutan developer yang masih terdapat pada bahan fotografi.

3. Fixing.

Pada proses fixing ini bahan fotografi dimasukkan ke dalam ~~larutan fixer~~ yang berfungsi untuk mengawetkan hasil kerja larutan developer. Setelah melalui proses ini bahan fotografi yang telah ada citranya (visible image) akan menjadi awet, tidak akan berubah lagi serta tidak peka terhadap cahaya.

4. Washing.

Washing adalah proses pencucian bahan fotografi dengan menggunakan air bersih yang mengalir terus menerus. Air pembersih ini berfungsi sebagai pembersih kotoran bekas larutan fixer.

Apabila proses pencucian dengan air bersih ini tidak sempurna, maka proses kimiawi akan berlanjut terus yang mengakibatkan warna citra foto berubah sedikit demi sedikit menjadi kuning.

5. Drying.

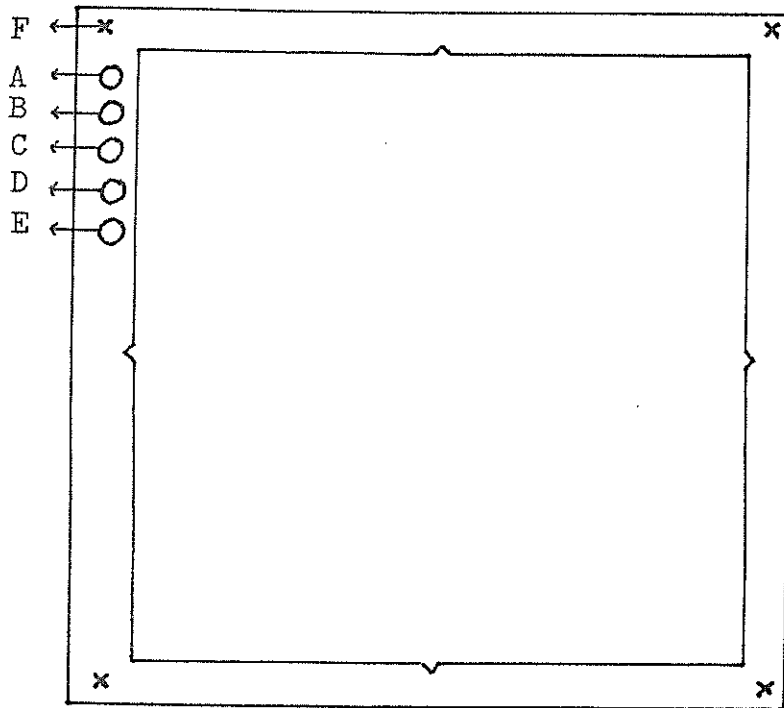
Drying adalah proses pengeringan bahan fotografi yang berfungsi mengeringkan emulsi dan membersihkan air pada bahan fotografi. Proses pengeringan ini dapat dilakukan dengan penyinaran/pemanasan, dan yang paling baik adalah dengan cara dianginkan (misalnya dengan menggunakan kipas angin/fan).

BAB IV

FOTO UDARA

4.1. Tanda-Tanda Tepi Foto Udara

Foto udara mempunyai beberapa tanda tepi seperti yang ada pada Gambar 4.1.



Tanda-tanda tepi foto udara seperti yang ada pada Gambar 4.1. terdiri dari :

A. Nivo.

Nivo ini dapat menunjukkan adanya kemiringan pada waktu pemotretan udara.

B. Jam Pemotretan.

Umumnya pemotretan udara dilakukan pada pagi atau sore hari, agar dapat dilihat adanya bayangan dari obyek yang tinggi. Bayangan ini berguna untuk orientasi arah Timur-Barat, yang sangat penting untuk keperluan pengecekan di lapangan.

C. Altimeter.

Altimeter ini digunakan untuk mengetahui ketinggian pemotretan udara terhadap referensi tertentu.

D. Fokus Kamera Udara.

Fokus kamera menunjukkan besarnya fokus kamera yang digunakan untuk pemotretan udara.

E. Nomor Foto.

Nomor foto ini diatur sesuai dengan keinginan.

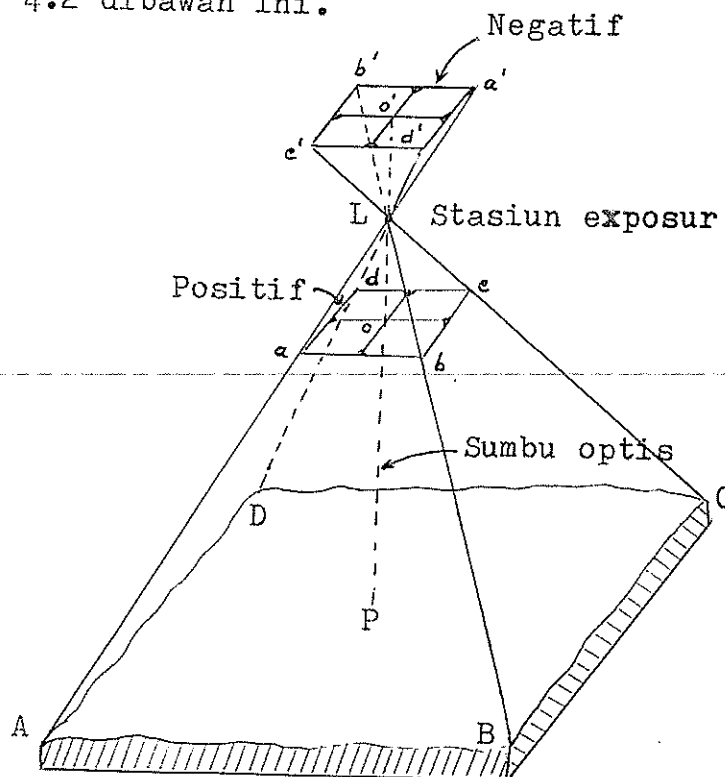
F. Fiducial Mark.

Tanda fiducial mark ini untuk keperluan orientasi foto di instrumen Fotogrametri.

4.2. Geometri Foto Udara

Foto udara diperoleh dari suatu pemotretan udara dengan kamera udara yang terletak di pesawat terbang. Akibat adanya pengaruh angin, cuaca dan lain-lain, maka keadaan pesawat terbang pada saat pemotretan menjadi tidak stabil. Akibat ketidakstabilan pesawat terbang, maka sulit sekali diperoleh foto udara yang benar-benar vertikal. Kemiringan yang terjadi pada pemotretan udara baik pada arah sumbu x maupun sumbu y berkisar antara 1° sampai dengan 3° .

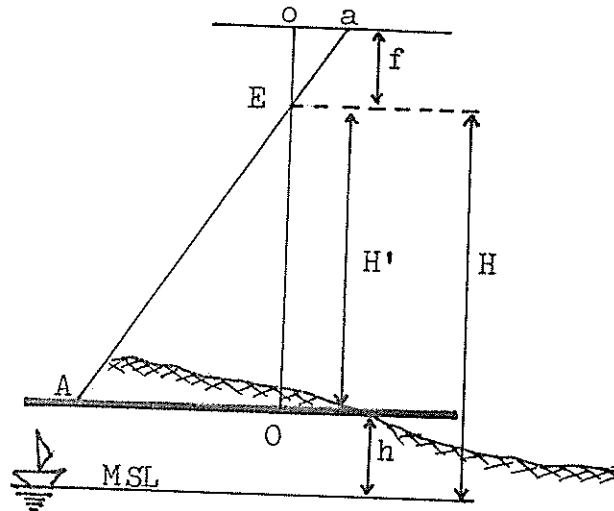
Adapun geometri foto udara vertikal dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2. Geometri foto udara vertikal

4.3. Skala Foto Udara

Untuk menentukan skala foto udara, maka harus diketahui fokus kamera udara dan tinggi terbang terhadap permukaan tanah yang dipotret.



Gambar 4.3. Skala Foto udara vertikal

Keterangan :

- f = fokus kamera udara
- H' = tinggi terbang terhadap permukaan tanah yang dipotret
- H = tinggi terbang terhadap Mean Sea Level (MSL)
- h = tinggi rata-rata daerah yang dipotret
- E = stasiun exposur
- A = obyek yang dipotret di tanah
- a = obyek di citra foto udara
- o = titik tengah foto udara

Penentuan skala foto udara dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\frac{oa}{OA} = \frac{oE}{OE} = \frac{f}{H'} \quad (4.1)$$

$$\frac{oa}{OA} = \frac{\text{jarak di foto}}{\text{jarak di lapangan}} \quad (4.2)$$

Skala foto udara untuk daerah datar dinyatakan :

$$\text{Skala foto udara} = \frac{f}{H'}$$

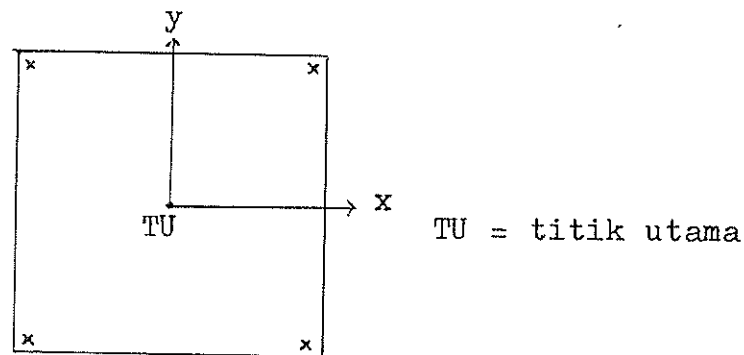
(4.3)

Skala foto udara untuk daerah dengan variasi tinggi yang berbeda dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Skala foto udara} = \frac{f}{H - h} \quad (4.4)$$

4.4. Penentuan Koordinat Tanah Dari Foto Udara

Untuk menentukan koordinat tanah dari suatu titik, maka harus dilakukan pengukuran koordinat foto titik yang bersangkutan. Untuk mengukur koordinat foto titik tersebut terlebih dahulu ditentukan titik pangkal sistem koordinat foto pada titik utama. Untuk mempermudah pengukuran koordinat foto, maka titik utama diambil pada titik tengah foto yang merupakan perpotongan garis yang menghubungkan titik-titik fiducial mark (Lihat Gambar 4.4).



Gambar 4.4. Titik pangkal sistem koordinat foto

Selanjutnya dibuat sistem koordinat tanah dengan ketentuan : sumbu X(tanah) sejajar sumbu x(foto) dan sumbu Y(tanah) sejajar sumbu y(foto). Tinggi terbang diatas datum dinyatakan dengan H. Titik A dan B di tanah, di foto udara dinyatakan dengan a dan b. Koordinat tanah titik A dan B dinyatakan dengan X_A , Y_A dan X_B , Y_B . Sedangkan koordinat foto titik a dan b dinyatakan dengan x_a , y_a dan x_b , y_b .

Berdasarkan Gambar 4.6 akan diperoleh persamaan :

$$\frac{od}{OD} = \frac{oE}{OE} \longrightarrow \frac{r'}{R} = \frac{f}{H}$$

$$f \cdot R = r' \cdot H \quad (4.9)$$

$$\frac{OP}{P_o P} = \frac{oE}{EP_o} \longrightarrow \frac{r}{R} = \frac{f}{(H - h_p)}$$

$$f \cdot R = r(H - h_p) \quad (4.10)$$

Persamaan 4.9 = persamaan 4.10 diperoleh persamaan :

$$r' \cdot H = r(H - h_p)$$

$$r' H = r H - r h_p$$

$$r h_p = r H - r' H$$

$$r h_p = H (r - r')$$

$$r \cdot h_p = H \cdot dp$$

$$\text{Pergeseran relief} = dp = \frac{r h_p}{H}$$

$$(4.11)$$

Keterangan notasi :

dp = pergeseran relief

r = jarak radial dari titik utama ke titik yang bergeser

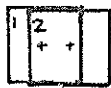
4.6. Sumber-Sumber Kesalahan Pada Foto Udara

Umumnya foto udara yang diperoleh dari pemotretan udara dihindangi oleh beberapa kesalahan, sehingga foto udara tersebut tidak vertikal dengan sempurna.

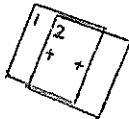
Beberapa kesalahan yang terjadi pada waktu pemotretan udara diantaranya adalah :

1. Crab.

Crab adalah kesalahan yang terjadi akibat pemasangan kamera yang tidak sempurna.



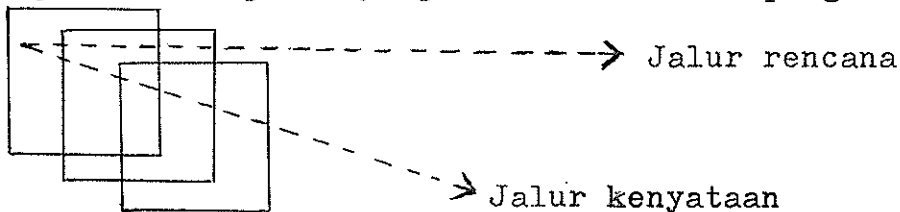
Posisi yang benar



Posisi akibat adanya crab

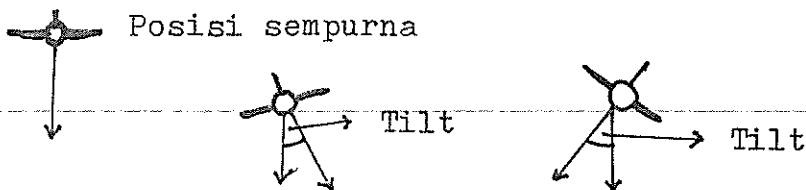
2. Drift.

Drift adalah kesalahan yang terjadi akibat arah terbang yang tidak sempurna yang disebabkan oleh pengaruh angin.



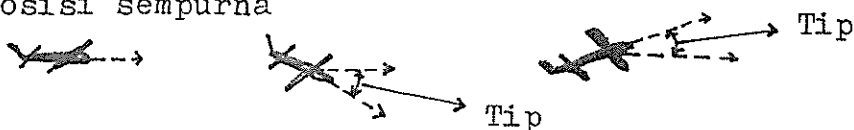
3. Tilt.

Tilt adalah kesalahan yang terjadi akibat kemiringan pesawat terbang yang dipengaruhi oleh angin dari samping.



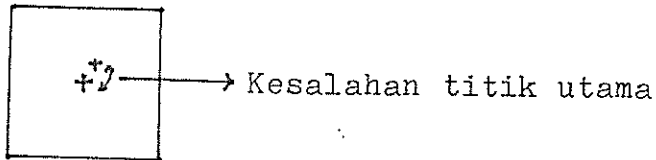
4. Tip adalah kesalahan yang terjadi pada foto udara akibat kemiringan pesawat terbang yang dipengaruhi oleh angin dari depan/belakang.

Posisi sempurna



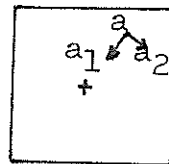
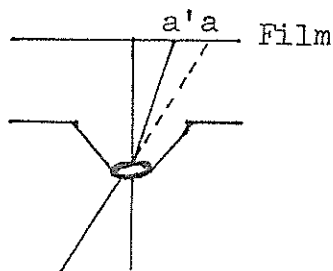
Selain kesalahan-kesalahan yang terjadi pada waktu pemotretan udara, foto udara juga masih dipengaruhi oleh beberapa kesalahan lainnya diantaranya adalah :

a. Kesalahan titik awal



b. Kesalahan akibat penyusutan/pengembangan bahan fotografi baik film maupun kertas foto.

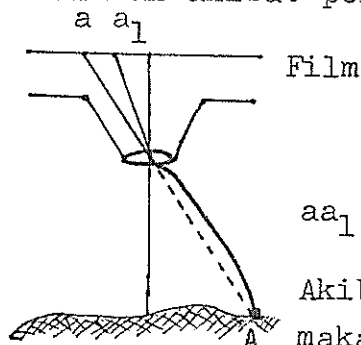
c. Kesalahan akibat adanya distorsi lensa kamera udara.



aa_1 = distorsi radial
 aa_2 = distorsi tangensial

a = kondisi yang benar

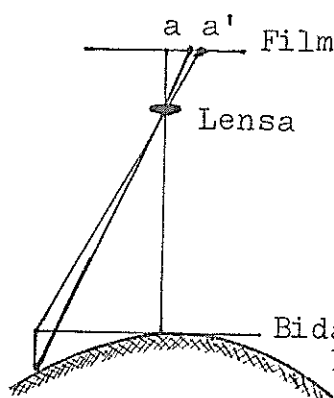
d. Kesalahan akibat pengaruh refraksi atmosfer.



aa_1 = penyimpangan citra

Akibat kepadatan udara yang tidak sama, maka terjadi penyimpangan citra.

e. Kesalahan akibat pengaruh kelengkungan bumi.

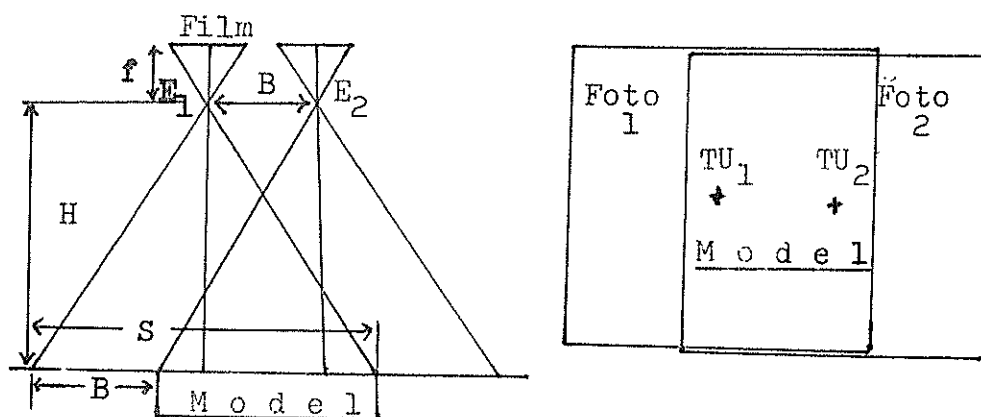


aa' = penyimpangan citra karena pengaruh kelengkungan bumi.

4.7. Foto Stereo

Foto udara dapat berupa hasil dari pemotretan tunggal, dalam pasangan atau dalam satu urutan sepanjang jalur terbang. Untuk keperluan pemetaan cara fotogrametri biasanya dilakukan dengan pemotretan yang berurutan dalam satu jalur terbang yang biasa disebut : "STRIP" atau "RUN".

Umumnya pemotretan udara dilakukan dengan "overlap" sebesar $\pm 60\%$ sampai dengan 80% . Overlap ini sangat penting untuk memperoleh pandangan stereoskopis.



Gambar 4.7. Pemotretan udara yang berurutan
Jarak antara dua stasiun eksposur ($E_1 E_2$) yang berurutan dinamakan basis udara. Sedangkan daerah yang terletak pada dua buah foto yang berurutan disebut "model".

Besarnya overlap dapat dihitung dengan rumus :

$$p = \frac{S - B}{S} \times 100 \% \quad (4.12)$$

Keterangan notasi :

p = overlap

S = panjang daerah satu kali pemotretan

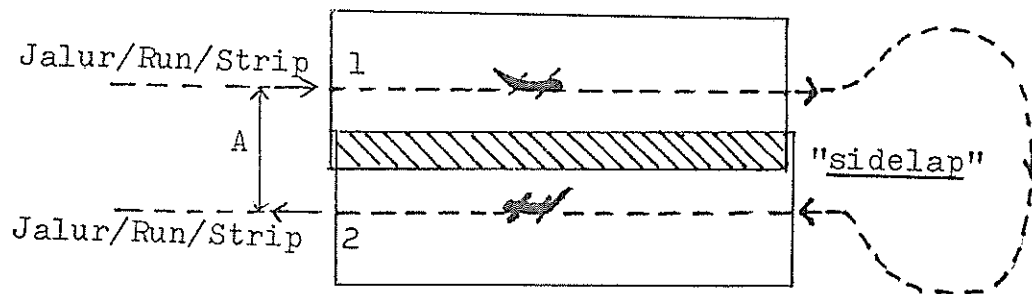
B = basis udara

Besarnya S dapat dihitung dengan rumus :

$$S = s \times \text{bilangan skala}$$

dengan: s = ukuran foto udara biasanya 23 cm.

Selain overlap pada pemotretan udara diperlukan adanya "sidelap". Untuk dua jalur yang berurutan besarnya sidelap berkisar antara $25 \% \pm 5 \%$.



Jika jarak antara dua jalur yang berurutan adalah A, maka besarnya sidelap dapat dihitung dengan rumus :

$$q = \frac{S - A}{S} \times 100 \% \quad (4.13)$$

Keterangan notasi :

- q = sidelap
- A = jarak antara dua jalur yang berurutan
- S = lebar daerah satu kali pemotretan
- S = s X bilangan skala
- s = ukuran foto udara (biasanya 23 cm)

4.8. Paralaks X

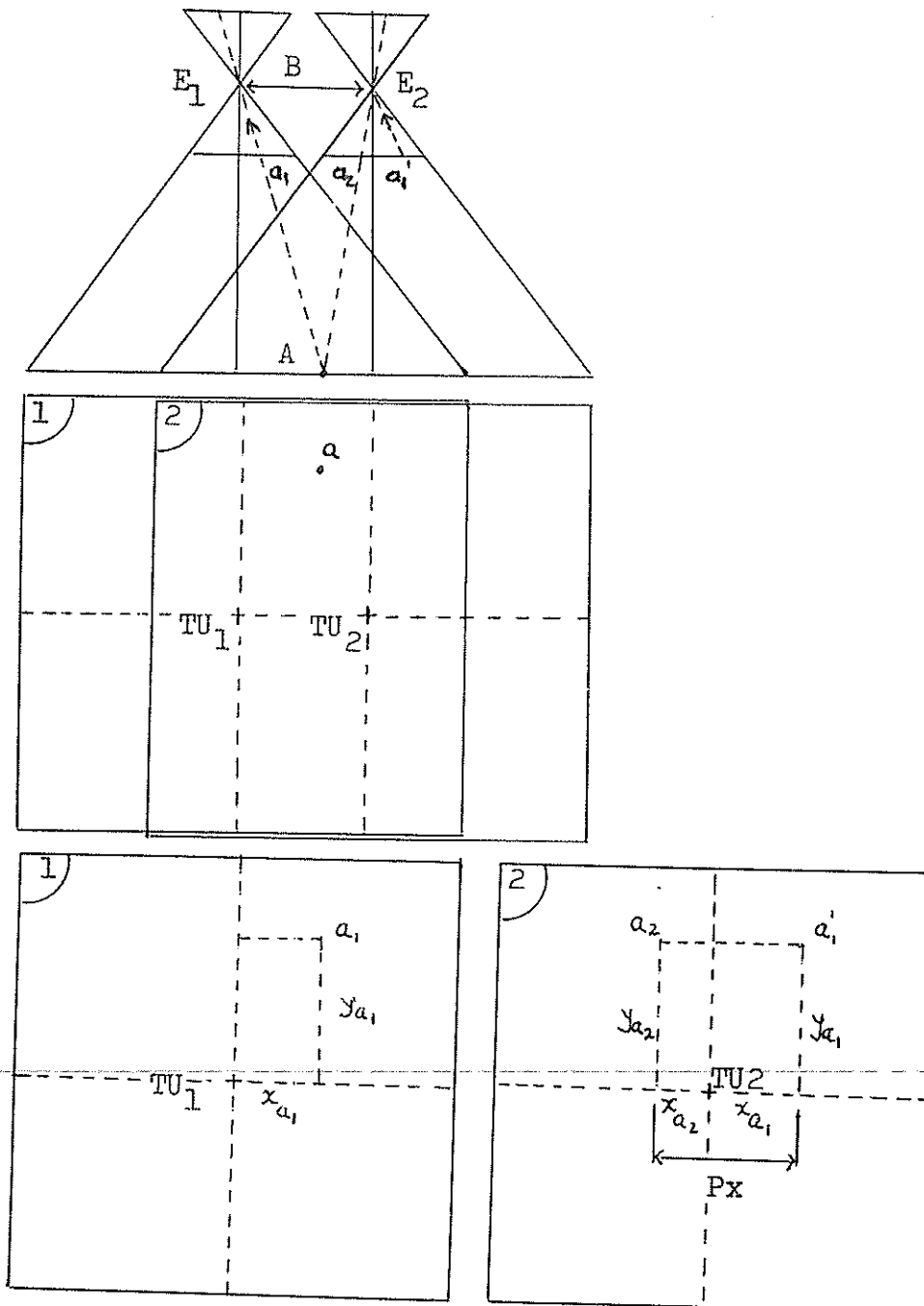
Paralaks adalah bergesernya bayangan/citra karena letak stasiun pengamat yang bergerak. Paralaks dapat dibagi menjadi dua yaitu :

1. Paralaks dalam arah x (Px).
2. Paralaks dalam arah y (Py).

Paralaks x erat hubungannya dengan masalah posisi vertikal, sehingga tidak mengganggu pandangan stereoskopis. Paralaks y erat hubungannya dengan masalah kestereoskopisan, sehingga adanya paralaks y akan mengganggu atau mempengaruhi pandangan stereoskopis.

Cara menghitung paralaks X dapat dilakukan dengan dua cara seperti yang akan dijelaskan dibawah ini.

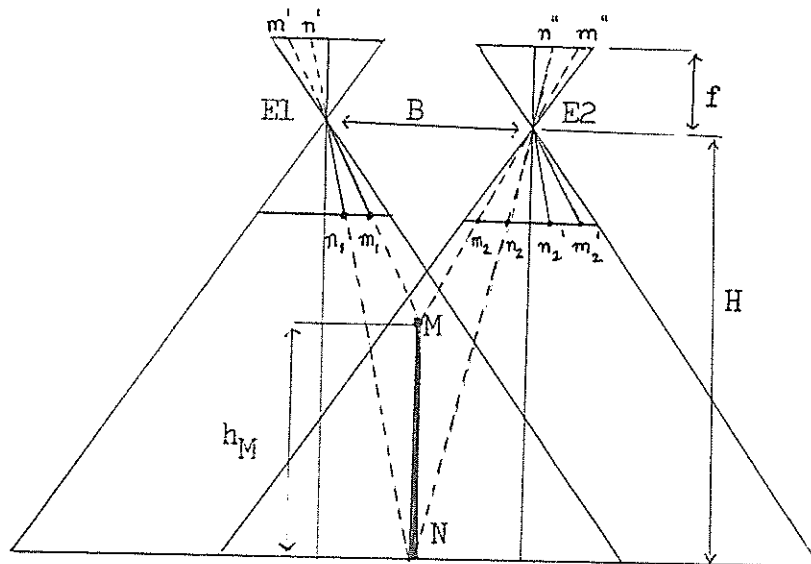
A. Cara Pertama.



Besarnya paralaks x dinyatakan dengan :

$$Px = xa_1 - xa_2$$

(4.14)

B. Cara Kedua

Gambar 4.9. Paralaks X

Misalnya : paralaks x dari M = $m_2 m_2' = px_m$

paralaks x dari N = $n_2 n_2' = px_n$

Dari Gambar 4.9 akan diperoleh persamaan sebagai berikut :

I. Dari gambar diatas diperoleh :

$$\Delta E_2 n_2 n_2' \sim \Delta N E_1 E_2$$

$$\frac{n_2 n_2'}{E_1 E_2} = \frac{f}{H}$$

$$\frac{px_n}{B} = \frac{f}{H}$$

Paralaks x dari N

$$px_n = \frac{f B}{H}$$

(4.15)

II. Dari gambar 4.9 diperoleh persamaan :

$$\Delta E_2 m_2 m'_2 \sim \Delta M E_1 E_2$$

$$\frac{m_2 m'_2}{E_2 E_2} = \frac{f}{H - h_M}$$

$$\frac{px_m}{B} = \frac{f}{H - h_M}$$

Paralaks x di titik M

$$px_m = \frac{f B}{H - h_M} \quad (4.16)$$

Dari rumus 4.16 diperoleh rumus umum untuk menghitung paralaks x di titik i sebagai berikut :

$$px_i = \frac{f B}{H - h_i} \quad (4.17)$$

4.9. Penentuan Beda Tinggi Dengan Paralaks X

Untuk menentukan beda tinggi antara dua titik, maka diukur paralaks x dari dua titik yang bersangkutan. Misalnya kedua titik tersebut adalah K dan L, paralaks x dari titik K dan L masing-masing adalah px_K dan px_L .

Berdasarkan persamaan 4.17 diperoleh :

$$px_L = \frac{f B}{H - h_L} \quad (4.18)$$

$$px_K = \frac{f B}{H - h_K} \quad (4.19)$$

Persamaan 4.18 dan 4.19 dapat ditulis dalam bentuk :

$$H - h_L = \frac{f B}{px_1} \quad (4.20)$$

$$H - h_K = \frac{f B}{px_k} \quad (4.21)$$

Kemudian persamaan 4.20 dikurangi persamaan 4.21 diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$h_K - h_L = f B \left(\frac{1}{px_1} - \frac{1}{px_k} \right)$$

$$\Delta h_{KL} = f B \left(\frac{px_k - px_1}{px_1 \cdot px_k} \right)$$

$$\Delta h_{KL} = f B \left(\frac{\Delta px_{kl}}{px_1 \cdot px_k} \right)$$

$$\Delta h_{KL} = \frac{f B}{px_1} \left(\frac{\Delta px_{kl}}{px_k} \right)$$

$$\Delta h_{KL} = H - h_L \left(\frac{\Delta px_{kl}}{px_k} \right) \quad (4.22)$$

Berdasarkan persamaan 4.22, beda tinggi antara titik KL dapat ditulis sebagai berikut :

$$\Delta h_{KL} = \frac{H - h_L}{px_k} \cdot \Delta px_{kl}$$

(4.23)

BAB V

PEMOTRETAN UDARA

Tujuan dari pemotretan udara adalah untuk memperoleh foto udara yang selanjutnya akan digunakan untuk keperluan proses pemetaan cara fotogrametris atau untuk keperluan interpretasi foto udara.

Unsur-unsur pemotretan udara terdiri dari :

1. Pesawat terbang.
2. Kamera Udara.
3. Film.

Tahapan pekerjaan pemotretan udara dapat dibagi dalam :

1. Perencanaan.
2. Persiapan.
3. Pelaksanaan.
4. Processing.

5.1. Perencanaan Pemotretan

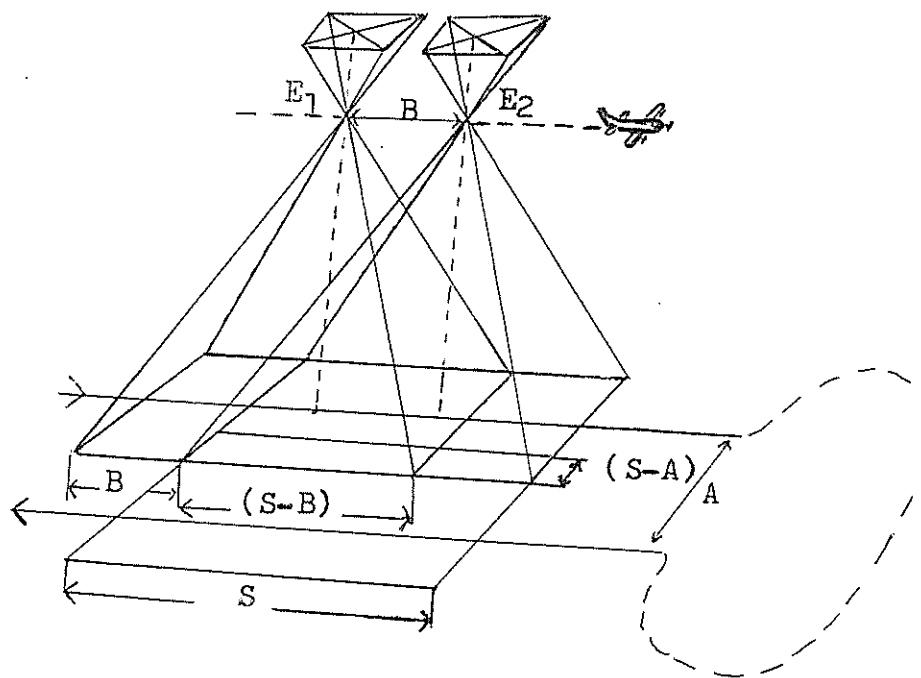
Sebelum melakukan pemotretan udara perlu dilakukan perencanaan dengan membuat peta rencana terbang . Beberapa persyaratan yang akan digunakan untuk pembuatan peta rencana terbang antara lain meliputi :

1. Skala foto udara yang diperlukan.
2. Batas dan luas daerah pemotretan.
3. Peta rencana terbang dibuat diatas peta topografi skala 1 : 50 000 atau skala 1 : 100 000.
4. Arah jalur terbang Timur-Barat atau Utara-Selatan.
5. Format foto udara umumnya 9' X 9' (23 cm X 23 cm).
6. Kamera foto udara yang akan digunakan.
7. Besarnya overlap umumnya 60 % atau 80 %.
8. Besarnya sidelap umumnya 25 % \pm 5 %.

Berdasarkan ketentuan-ketentuan tersebut diatas, maka dapat direncanakan hal-hal sebagai berikut :

1. Besarnya overlap.
2. Besarnya sidelap.
3. Basis udara.
4. Jarak antara dua jalur terbang yang berurutan (strip).
5. Banyaknya foto tiap jalur.
6. Banyaknya jalur terbang.
7. Luas model.
8. Luas efektif.
9. Jumlah total foto udara.

Untuk membuat perencanaan terbang tersebut, maka dibuat gambar geometri pemotretan udara seperti pada gambar 5.1 dan notasi-notasi sebagai berikut :



Keterangan Gambar :

E_1 = stasiun exposur 1

E_2 = stasiun exposur 2

Gambar 5.1. Geometri Pemotretan Udara

- Fa = Luas daerah yang dipotret.
- Fn = Luas efektif.
- Fm = Luas model.
- Lp = Panjang daerah yang dipotret.
- Lq = Lebar daerah yang dipotret.
- p = Pertampalan kedepan dalam %.
- q = Pertampalan kesamping dalam %.
- B = Basis udara.
- b = Basis foto udara.
- s = Ukuran sisi film (23 cm).
- S = Ukuran sisi film 1 X pemotretan pada tanah.
- A = Jarak antara 2 jalur terbang yang berurutan.
- np = Jumlah foto pada jalur / run / strip.
- nq = Jumlah jalur / run / strip.
- n = Jumlah foto udara.

Selanjutnya dengan melihat Gambar 5.1 dan notasi-notasi tersebut diatas, maka besaran-besaran yang diperlukan dalam perencanaan pemotretan udara dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Besarnya overlap.

$$p = \frac{S - B}{S} \times 100 \%$$

2. Besarnya Sidelap.

$$q = \frac{S - A}{S} \times 100 \%$$

3. Basis Udara.

$$B = S (1 - p)$$

4. Jarak antara dua jalur terbang yang berurutan.

$$A = S (1 - q)$$

5. Banyaknya foto tiap jalur. (Dihitung dengan rumus empiris)

$$np = \frac{Lp}{B} + 1$$

6. Banyaknya jalur terbang. (Dihitung dengan rumus empiris)

$$nq = \frac{Lq - S}{A} + 1$$

7. Luas model.

$$Fm = (S - B) S$$

8. Luas efektif. (Empiris)

$$Fn = A.B = S^2 (1 - p) (1 - q)$$

9. Jumlah total foto udara. (Empiris)

$$n = \frac{Fa}{Fn}$$

5.2. Persiapan

Sebelum melakukan operasi pemotretan udara terlebih dahulu disiapkan segala sesuatunya yang diperlukan untuk kelancaran pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Yang terutama sekali harus diperhatikan yaitu penyediaan peralatan dan bahan-bahan serta perlengkapan surat-surat.

Peralatan dan bahan-bahan yang harus disediakan antara lain meliputi :

- a. Pesawat udara.
- b. Kamera udara.
- c. Film.
- d. Larutan pencuci dan bahan-bahan untuk pencetakan sementara.

A. Pesawat Udara

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan pesawat terbang untuk pemotretan udara adalah :

- a. Kemampuan ketinggian.
- b. Kecepatan (maksimum/minimum).
- c. Daya jelajah.
- d. Kestabilan.
- e. Beban.
- f. Kebutuhan take-off dan landing.

B. Kamera udara

Pemilihan jenis kamera udara untuk misi pemotretan udara tergantung pada keadaan lapangan yang akan dipotret.

Kamera udara yang digunakan dalam pemotretan udara dapat dibagi dalam tiga macam yaitu :

1. Kamera udara bersudut normal (Normal Angle).
2. Kamera udara bersudut lebar (Wide Angle).
3. Kamera udara bersudut sangat lebar (Super Wide Angle).

C. Film

Film yang digunakan untuk keperluan pemotretan udara harus yang berkualitas tinggi. Yang biasa digunakan dalam pemotretan umumnya film hitam putih pankhromatis.

Perlengkapan surat-surat yang diperlukan antara lain meliputi :

- Surat izin melakukan terbang pemotretan (Security Clearance) yang dikeluarkan oleh instansi HANKAM.
- Surat izin memasuki daerah proyek dari pejabat pemerintah dilingkungan daerah proyek tersebut.
- Surat perintah kerja dari pihak pemilik pekerjaan.
- Surat perintah kerja untuk tiap personil dilapangan.

5.3. Pelaksanaan

Setelah selesai tahap perencanaan dan tahap persiapan, tahap selanjutnya adalah pelaksanaan pemotretan udara. Beberapa hal yang perlu untuk diperhatikan didalam pelaksanaan pemotretan udara di lapangan, adalah :

- a. Premark harus sudah selesai seluruhnya di lapangan sebelum dilaksanakannya pemotretan, dan premark tersebut harus tampak pada foto hasil pemotretan.
- b. Pemotretan hanya dilaksanakan ketika tinggi matahari tidak lebih dari 25° , atau pada pagi hari antara pukul 08.00 - 10.00 dan sore hari antara pukul 14.00 - 16.00 waktu setempat.
- c. Jumlah awan dari setiap foto hasil pemotretan yang diperkenankan umumnya tidak boleh lebih dari 5 %. Oleh karena itu pemotretan udara hanya dilaksanakan apabila keadaan cuaca didaerah pemotretan benar-benar bersih dan terang, tanpa awan dibawah ketinggian terbang pemotretan.
- d. Pengaturan tinggi terbang untuk pemotretan dilakukan dengan cara mengusahakan bacaan altimeter tetap pada kedudukan yang telah ditentukan. Variasi tinggi terbang yang diperkenankan umumnya antara (95 - 105) % dari tinggi terbang yang direncanakan.

5.4. Prosesing

Yang dimaksud dengan prosesing hasil pemotretan yaitu pencucian dan pencetakan.

Setiap rol film yang baru selesai dilakukan pemotretan, selekasnya dilakukan pencucian. Tujuannya ialah untuk menghindari terjadinya perubahan kimiawi dari emulsi yang dapat mengakibatkan berkurangnya kualitas citra.

Dari negatip foto hasil pencucian kemudian dilakukan pencetakan sementara yang akan digunakan untuk membentuk navigasi print. Tujuan dari pembuatan navigasi print ini yaitu untuk mengetahui hasil pemotretan yang telah didapat. Apabila hasil pekerjaan ternyata masih kurang memuaskan, maka melalui navigasi print tersebut dapat diketahui pada bagian mana pekerjaan yang perlu diulang.

Hal-hal yang dapat diketahui dari navigasi print antara lain meliputi : besarnya overlap, besarnya side lap, drift, crab, tilt, tinggi terbang, jumlah awan dan kualitas citra.

Proses pencucian dan pencetakan navigasi print ini sepenuhnya dikerjakan di base camp (laboratorium sementara). Setelah dari navigasi print seluruhnya sudah tidak ada kekurangan, kemudian baru dilakukan pencetakan diapositif, paper print, dan blow-up foto udara, serta pembuatan flight indeks. Pelaksanaan pencetakan dan pembuatan flight indeks ini seluruhnya dapat dilakukan di kantor.

BAB VI

PENGADAAN TITIK KONTROL TANAH

Pada setiap pekerjaan pemetaan metode fotogrametris selalu memerlukan titik kontrol tanah.

Didalam proses fotogrametri titik kontrol tanah tersebut antara lain digunakan untuk keperluan triangulasi udara dan keperluan pemetaan lainnya.

Pekerjaan pengadaan titik kontrol tanah meliputi beberapa tahap, yaitu :

1. Perencanaan distribusi titik kontrol tanah.
2. Pemasangan premark dan benchmark.
3. Pengukuran titik kontrol tanah.
4. Hitungan data ukuran lapangan.

6.1. Perencanaan Distribusi Titik Kontrol Tanah

Jumlah dan penyebaran titik kontrol tanah bergantung dari penggunaannya dalam proses triangulasi udara dan ketelitian yang ingin dicapai pada titik kontrol minornya. Perencanaan penempatan titik kontrol tanah di lapangan disesuaikan dengan jalur terbang yang sudah disiapkan.

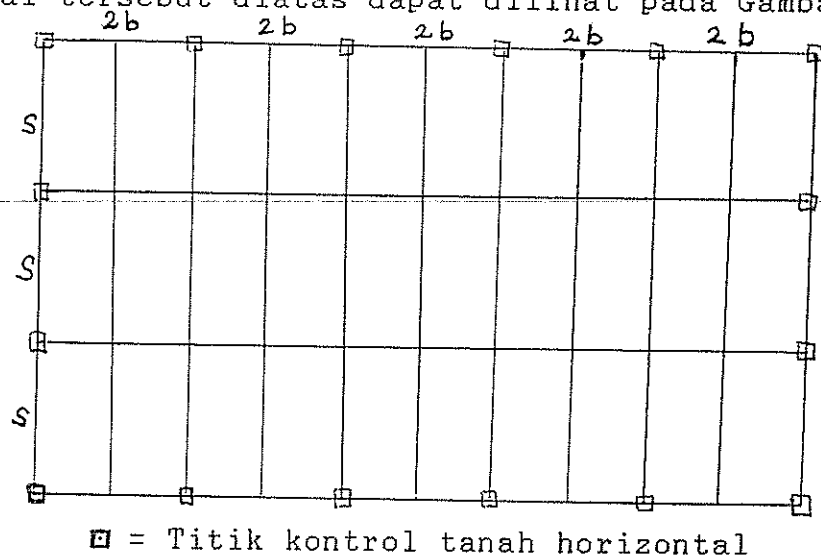
Penyebaran titik kontrol tanah untuk keperluan pemetaan fotogrametris adalah sebagai berikut :

A. Titik Kontrol Tanah Horizontal

Titik kontrol horizontal ditempatkan pada tepi-tepi daerah yang akan dipetakan (perimeter). Jarak antara titik kontrol tanah horizontal terdiri dari :

1. Searah jalur terbang, $i = 2b$, dengan b adalah lebar model.
2. Pada arah tegak lurus jalur terbang $i = s$, dengan s adalah lebar strip yang akan terbentuk.

Hal tersebut diatas dapat dilihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1. Posisi titik kontrol horizontal

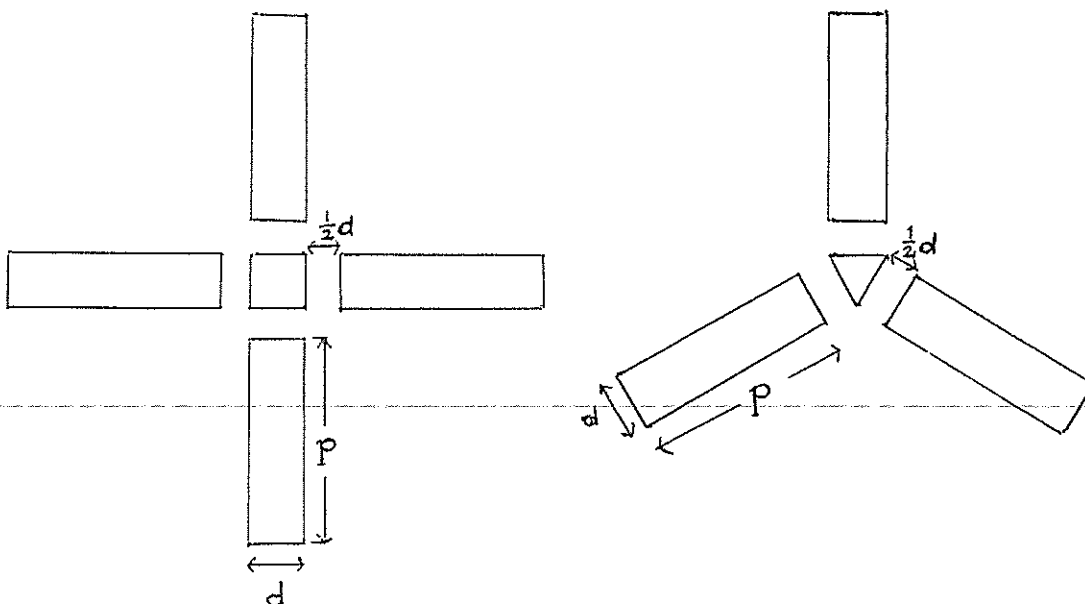
6.2. Pemasangan Premark Dan Benchmark

Tujuan dari pemasangan premark dan benchmark adalah untuk memudahkan pengenalan titik-titik kontrol tanah pada foto udara, terutama pada daerah pemotretan udara yang detailnya sukar sekali dikenal.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemasangan premark dan benchmark antara lain sebagai berikut :

- Premark dan benchmark harus terletak pada daerah yang sudah direncanakan.
- Premark dan benchmark harus dipasang pada daerah yang terbuka.
- Khusus untuk benchmark harus dipasang pada daerah yang rata, agar pengukurannya dapat dilakukan dengan mudah.
- Premark dan benchmark harus dipasang dengan kuat pada tempat yang stabil dan aman.
- Khusus untuk premark warna yang dipilih harus kontras dengan keadaan di sekelilingnya.

Bentuk premark yang dipasang di lapangan umumnya adalah sebagai berikut :



Gambar 6.3. Premark

Rumus yang digunakan untuk menentukan besarnya harga b , dan s , adalah sebagai berikut :

$$b = (p \times 0,23 \times \text{Skala}) \text{ meter}$$

$$s = \{(1 - q) \times 0,23 \times \text{Skala}\} \text{ meter}$$

dimana :

p = besarnya overlap

q = besarnya side lap

Skala = bilangan skala foto udara

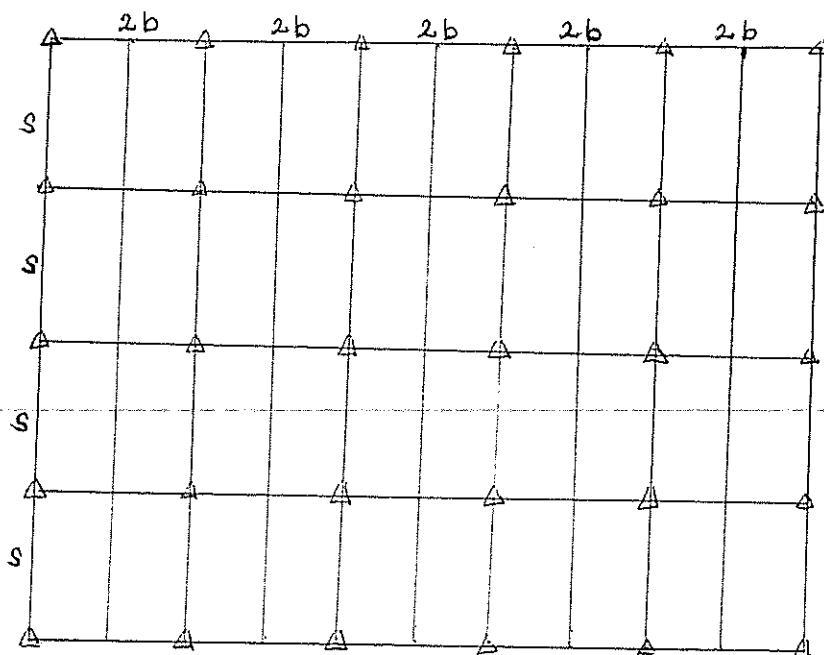
Jika diketahui harga $p = 60\%$, $q = 30\%$, dan skala foto = $1 : 10.000$, maka dapat dihitung :

$$b = 0,6 \times 0,23 \times 10.000 = 1380 \text{ meter.}$$

$$s = 0,7 \times 0,23 \times 10.000 = 1610 \text{ meter,}$$

B. Titik Kontrol Tanah Vertikal

Penempatan titik kontrol tanah vertikal tidak hanya ditempatkan pada daerah disepanjang perimeter saja, melainkan juga dipasang pada bagian tengah daerah yang akan dipetakan. Jarak antara titik kontrol tanah vertikal dan penyebarannya sama dengan pada titik kontrol horizontal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Δ = Titik kontrol tanah vertikal.

Gambar 6.2. Posisi titik kontrol vertikal

Rumus untuk ukuran premark adalah :

$$d \geq S/30 \text{ mm}$$

$$p \geq 5 \times d \text{ meter}$$

Keterangan notasi :

d = lebar premark

p = panjang premark

S = bilangan skala foto udara

Sebagai contoh : Bila skala foto udara yang akan dibuat adalah 1 : 10 000, maka diperoleh harga-harga :

$$d = 10\,000/30 \text{ mm} = 0.33 \text{ meter atau } 0.4 \text{ meter}$$

$$p = 5 \times 0.4 \text{ meter} = 2.0 \text{ meter}$$

6.3. Pengukuran Titik Kontrol Tanah

Ada dua macam pengukuran titik kontrol tanah yang harus dilakukan pada pekerjaan pemetaan fotogrametris masing-masing adalah :

1. Pengukuran titik kontrol horisontal untuk mendapatkan data koordinat planimetris (X,Y). Pengukuran titik kontrol horisontal biasanya dilakukan dengan cara poligon.
2. Pengukuran titik kontrol vertikal untuk mendapatkan data ketinggian suatu titik. Pengukuran titik kontrol vertikal biasanya dilakukan dengan cara sipat datar.

6.4. Pengukuran Spotheight

Tujuan pengukuran spotheight adalah untuk memperoleh data ketinggian titik-titik detail yang ada di foto udara. Berdasarkan ketinggian titik-titik detail tersebut, maka dapat digambarkan kontur-kontur dengan interval tertentu sesuai dengan yang diinginkan.

Pengukuran spotheight dapat dilakukan dengan beberapa cara sesuai dengan keadaan lapangan, diantaranya adalah dengan cara-cara sebagai berikut :

1. Untuk daerah terbuka dan datar, pengukuran spotheight dapat dilakukan dengan cara sipat datar. Pengukuran tinggi spotheight harus dimulai/diikatkan pada benchmark yang terdekat. Untuk daerah yang terbuka tetapi agak curam jika tidak dapat dilakukan pengukuran sipat datar, maka dapat dilakukan dengan cara tachimetri yaitu menggunakan teodolit.
2. Untuk daerah yang tertutup dan sulit diidentifikasi, maka pengukuran posisi horisontal dapat dilakukan dengan cara poligon, sedangkan posisi vertikal dapat dilakukan dengan cara sipat datar atau cara tachimetri sesuai dengan keadaan di lapangan.

3. Untuk daerah yang sangat sulit misalnya daerah rawa, maka penentuan ketinggian titik detail dan penarikan garis kontur dapat dilakukan dengan stereo plotter.

Pada melakukan pengukuran di lapangan, selain melakukan pengukuran spotheight biasanya juga melakukan pekerjaan untuk melengkapi data lapangan lainnya. Data-data lapangan tersebut antara lain meliputi : nama desa, nama sungai, nama jalan serta nama-nama obyek lainnya.

6.5. Hitungan Data Ukuran Lapangan

Semua data hasil ukuran lapangan harus dihitung secara langsung di lapangan. Hitungan sementara di lapangan ini berguna untuk mengecek hasil ukuran, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi teknik yang diinginkan. Apabila terdapat kesalahan ukuran, maka harus segera dilakukan pengukuran ulang.

Apabila dari hitungan sementara hasilnya sudah baik, maka dilakukan hitungan yang lebih teliti dengan menggunakan hitungan perataan sehingga diperoleh data yang definitif.

Data definitif hasil hitungan perataan yang terdiri dari data koordinat tanah dan data ketinggian ini selanjutnya dapat digunakan untuk keperluan triangulasi udara atau keperluan pekerjaan lainnya.

BAB VII

TRIANGULASI UDARA

7.1. Prinsip Triangulasi Udara

Tujuan triangulasi udara adalah untuk memperbanyak pengadaan titik kontrol. Titik-titik kontrol yang diperoleh dari triangulasi udara untuk keperluan pemetaan disebut titik kontrol minor.

Berdasarkan cara pengukuran dan alat yang digunakan, triangulasi fotogrametri dapat dibagi dalam dua kelompok utama yaitu :

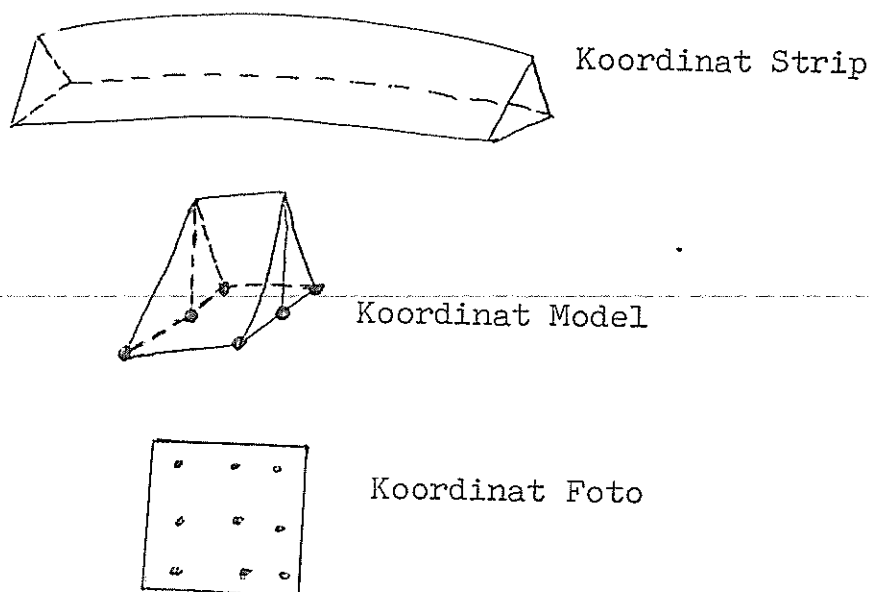
1. Triangulasi radial.
2. Triangulasi udara.

Triangulasi radial hanya meliputi penentuan koordinat planimetris (X,Y). Triangulasi radial dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu :

1. Slotted templet.
2. Triangulasi radial cara grafis.
3. Triangulasi radial cara analitis.

Triangulasi udara selain untuk menentukan koordinat titik kontrol planimetris juga dapat untuk menentukan titik kontrol vertikal (Z). Berdasarkan data kordinat yang diukur (lihat Gambar 7.1), triangulasi udara dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu :

1. Aeropoligon dengan data input berupa koordinat strip.
2. Triangulasi Model Bebas (Independent Model Triangulation), data input berupa koordinat model.
3. Triangulasi metode berkas sinar (Bundle Adjustment), data input berupa koordinat foto.

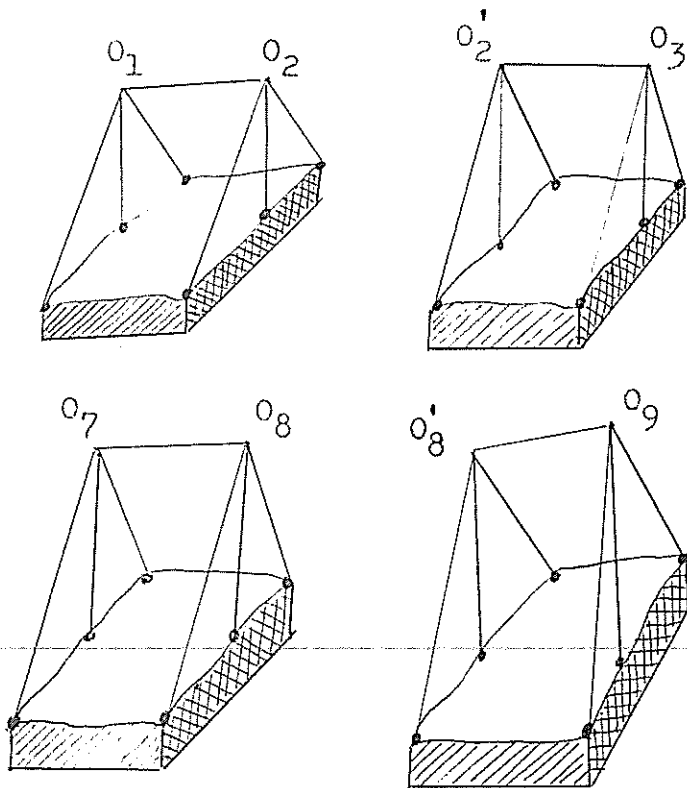


Gambar 7.1. Jenis data input triangulasi udara

Metoda triangulasi udara yang sering digunakan pada saat ini adalah metode model bebas dan metoda berkas sinar, sedangkan aeropoligon sudah jarang digunakan.

Prinsip dasar triangulasi metoda aeropoligon adalah mencari parameter-parameter yang dapat menghubungkan titik-titik yang ada pada suatu strip dengan titik yang sama dengan obyek di lapangan. Pengukuran koordinat titik-titik dilakukan dengan membentuk suatu strip yang telah mempunyai sistem koordinat tertentu.

Prinsip dasar triangulasi udara metoda model bebas adalah mencari parameter-parameter yang dapat menghubungkan titik-titik pada model dengan titik-titik yang sama dengan obyek di lapangan. Pengukuran koordinat titik-titik model dilakukan secara bebas, artinya setiap model mempunyai sistem koordinat yang bebas, baik letak titik pangkal, orientasi sumbu koordinat dan skala setiap model dapat saling berbeda.



Gambar 4.2. Model-model yang independen

Prinsip dasar triangulasi udara metoda berkas sinar yaitu mencari parameter-parameter yang dapat menghubungkan titik-titik pada foto dengan titik yang sama dengan obyeknya di lapangan. Pada triangulasi metoda berkas sinar ini, foto tidak dilihat sebagai gambar melainkan dilihat sebagai sekumpulan titik yang akan ditentukan koordinatnya terhadap suatu sistem koordinat tertentu yaitu sistem koordinat foto.

Berdasarkan prinsip-prinsip dasar triangulasi udara seperti yang diuraikan diatas, maka pada tahap pekerjaan triangulasi udara perlu dilakukan pengambilan data koordinat sesuai dengan metoda yang digunakan. Pengambilan data koordinat untuk keperluan triangulasi udara dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu :

1. Pengadaan data koordinat strip.
Pengadaan data koordinat strip antara lain dapat dilakukan dengan menggunakan alat Multiplex. Data hasil pengamatan berupa data koordinat strip.
2. Pengadaan data koordinat model.
Pengadaan data koordinat model dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :
 - a. Dengan menggunakan alat Stereo Plotter.
Hasil pengukuran dengan stereo plotter adalah koordinat model dengan sistem koordinat yang independen (bebas).
 - b. Dengan menggunakan Komparator.
Hasil ukuran dengan alat komparator adalah data koordinat komparator. Data koordinat komparator ini terlebih dahulu diubah ke sistem koordinat foto. Selanjutnya data koordinat foto ini ditransformasikan ke sistem koordinat model dengan suatu program yang disebut Digital Relative Orientation (DRO).
3. Pengadaan data koordinat foto.
Pengadaan data koordinat foto dilakukan dengan menggunakan alat komparator. Hasil pengukuran dengan komparator ini berupa koordinat komparator yang selanjutnya diubah ke sistem koordinat foto.

Apabila telah tersedia unit data koordinat, maka dapat dilakukan pengolahan data dengan menggunakan cara perataan blok. Perataan blok merupakan suatu metode dalam hitungan triangulasi udara. Adapun pengertian blok disini adalah suatu struktur berupa blok yang terdiri dari dua unit dasar atau lebih yang terikat satu sama lain dengan suatu titik ikat (titik sekutu).

Pada proses hitungan perataan blok triangulasi udara, struktur data yang berupa blok tersebut ditransformasikan ke sistem koordinat tanah dengan bantuan titik kontrol tanah yang sesuai. Unit-unit yang dapat dipakai untuk pembentukan blok dalam perataan triangulasi adalah : strip, model dan berkas (koordinat foto).

Berdasarkan unit-unit terkecil yang digunakan untuk membentuk blok, maka metoda perataan blok triangulasi udara dapat dibagi dalam tiga metoda :

- Perataan blok strip.
- Perataan blok model bebas.
- Perataan blok berkas.

A. Perataan Blok Strip

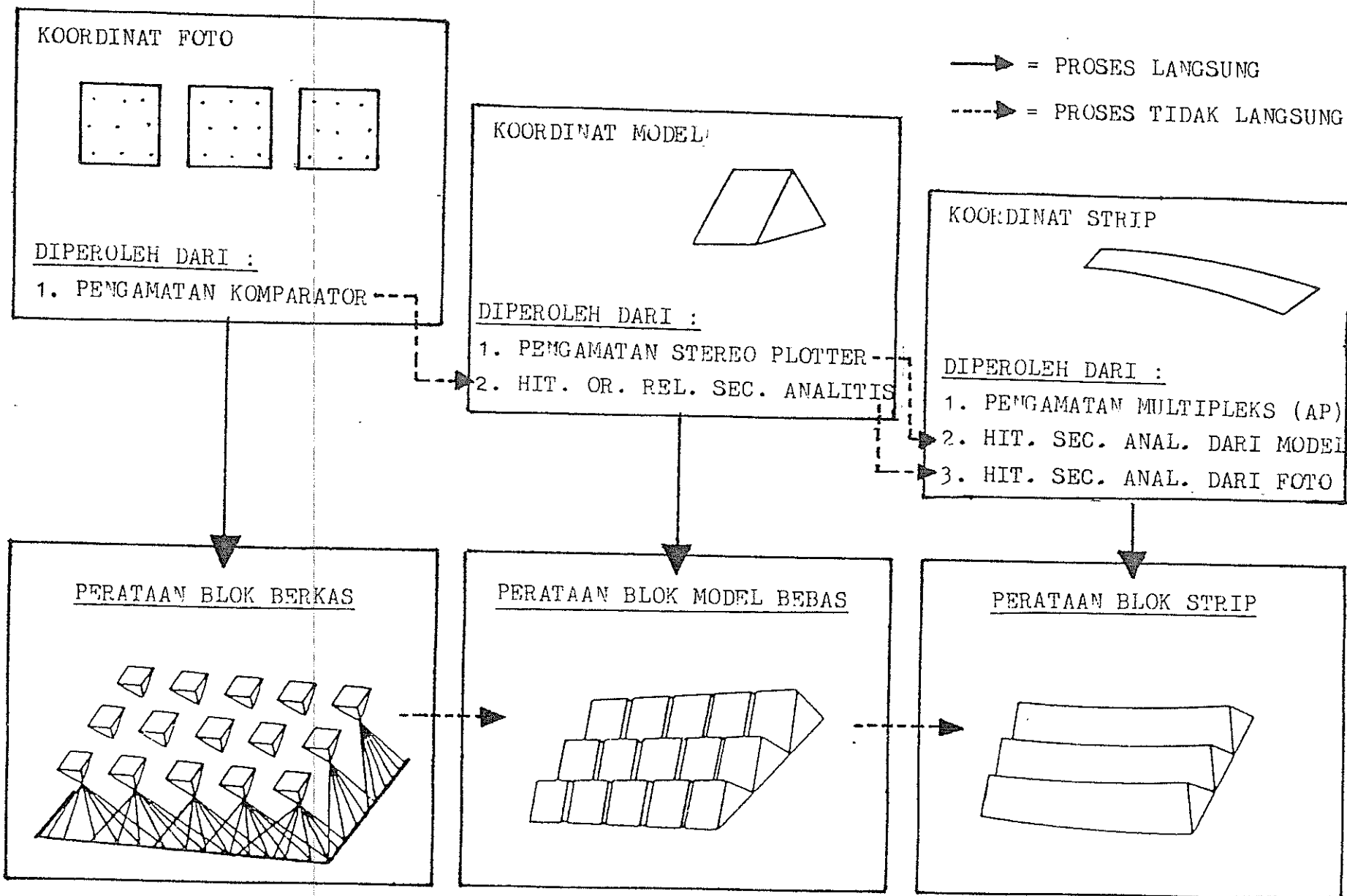
Bila pengambilan data fotogrametris dilakukan dengan menggunakan alat stereo-plottter, dimana hasil pengukuran berupa koordinat model yang bebas (independent), didalam proses hitung perataan blok strip model-model tersebut terlebih dulu dilakukan pembentukan strip, dan kemudian dari strip-strip tersebut baru dibentuk blok. Hitungan perataan blok ini biasa resebut juga perataan polinomial.

B. Perataan Blok Model Bebas

Pada perataan ini blok langsung dibentuk dari model-model, atau dengan kata lain di dalam pembentukan blok setiap model merupakan unit yang berdiri sendiri. Data fotogrametri yang diperlukan sebagai data input untuk perataan blok metode model bebas adalah berupa koordinat model. Bila pengambilan data fotogrametri yang dilakukan menggunakan stereo-ploter maka koordinat model dapat diperoleh secara langsung dari hasil pengukuran. Sedangkan bila pengambilan data dilakuklan dengan menggunakan alat komparator maka koordinat model diperoleh dari hasil hitungan orientasi relatip secara digital dari setiap dua buah foto yang saling bertampalan (overlap).

C. Perataan Blok Berkas

Unit-unit yang dipakai di dalam pembentukan blok pada perataan ini adalah berupa berkas sinar dari setiap foto. Input data fotogrametri yang diperlukan adalah berupa koordinat foto. Data koordinat foto ini diperoleh dengan menggunakan komparator. Koordinat hasil pengukuran dengan komparator ini terlebih dahulu ditrasformasi ke sistem koordinat foto. Data koordinat foto ini selanjutnya dapat digunakan untuk hitungan perataan blok berkas.



7.2. Triangulasi Model Bebas

Dari ketiga metode triangulasi udara seperti yang telah diuraikan pada sub. bab 7.1, maka triangulasi Model Bebas atau Independent Model Triangulation (disingkat IMT) merupakan salah satu metode yang sering digunakan. Oleh karena itu disini akan diuraikan lebih lanjut mengenai metode Triangulasi Model Bebas.

Secara garis besar tahapan pekerjaan di dalam Triangulasi udara adalah sebagai berikut :

1. Persiapan.
2. Pengukuran koordinat.
3. Pengolahan data (perataan).

7.2.1 Persiapan Triangulasi Udara.

Sebelum melakukan pengukuran pada proses triangulasi model bebas (IMT), perlu tahap persiapan. Tujuannya adalah untuk menyiapkan segala sesuatu yang diperlukan pada pengukuran dan peralatan nantinya, baik yang menyangkut teknis maupun administrasi.

Tahapan pekerjaan didalam persiapan ini, adalah :

1. Identifikasi titik kontrol tanah.
2. Pemilihan dan penomoran titik.
3. Pemindahan titik pada paper-print.
4. Pemindahan peta indeks.
5. Pemindahan titik pada diapositip.

Tujuan utama dari tahap persiapan ini adalah untuk :

- a. Menyiapkan semua titik yang diperlukan bagi pelaksanaan triangulasi udara, yaitu :
 - titik kontrol tanah.
 - titik ikat (pass point dan tie point).
 - titik khusus (single point).
- b. Memperkecil keragu-raguan identifikasi titik pada saat pengukuran.
- c. Menjamin tingkat ketelitian pada proses triangulasi udara.
- d. Meningkatkan efisiensi dalam pemakaian instrument pada pelaksanaan triangulasi udara.
- e. Menyiapkan hal-hal yang bersifat administrasi yang menyangkut penomoran titik dan penyusunan data.

7.2.2. Pengukuran Koordinat

Pengambilan data fotogrametri pada IMT dapat dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) macam alat yang berbeda, yaitu dengan menggunakan stereo-ploter (analitik atau analog) dan dengan komparator (mono atau stereo). Hasil pengukuran dengan menggunakan stereo-ploter adalah berupa koordinat model dengan sistem koordinat yang bebas (independent), dan bila menggunakan komparator yang diperoleh adalah berupa koordinat komparator.

Sebelum dipakai untuk keperluan hitungan triangulasi, data koordinat hasil pengamatan dengan menggunakan komparator (koordinat komparator) ini terlebih dulu harus dilakukan transformasi ke dalam sistem koordinat foto, dan kemudian data koordinat foto ini masih perlu diberi koreksi dari faktor-faktor kesalahan sistematis yang dimiliki, yaitu : Koreksi kelengkungan bumi, distorsi lensa, refraksi atmosfer, koreksi terhadap titik utama, dan koreksi simultan untuk distorsi.

Data koordinat foto yang telah dikoreksi ini selanjutnya di transformasikan ke sistem koordinat model dengan program Digital Relative Orientasi (D R O). Data koordinat model ini selanjutnya digunakan untuk proses pengolahan data.

7.2.3. Pengolahan Data

Dengan telah tersedianya program komputer yang baik untuk hitungan perataan blok metode model bebas ini, maka pada saat ini metode perataan blok model bebas merupakan metode hitung perataan triangulasi udara yang banyak dipakai di dalam praktek.

Sebagai unit terkecil yang dipakai di dalam hitung perataan adalah model. Setiap model yang terbentuk di transformasikan satu dengan yang lainnya menjadi satu blok, yang kemudian diratakan dengan menggunakan titik pengikat antara model digunakan untuk penentuan besar-besaran yang digunakan di dalam perataan.

Ada 3 (tiga) jenis metode perataan blok metode model bebas ini, yaitu :

1. Perataan blok planimetris (X,Y). Hasil yang diperoleh hanya berupa koordinat planimetris saja. Program komputer untuk hitungan disebut juga PAT-M4. PAT-M4 adalah kependekan dari Program for Aerial Triangulation.
2. Perataan blok planimetris dan tinggi (X,Y,Z). Program komputer untuk hitungan perataan disebut PAT-M43. Proses hitungan planimetris dan tinggi berlangsung secara terpisah dan berulang.
3. Perataan blok planimetris dan tinggi (X,Y,Z). Program komputernya disebut PAT-M7. Proses hitungan planimetris dan tinggi berlangsung secara sekaligus.

Metode perataan blok planimetris dan tinggi (ruang) yang banyak dipakai didalam praktek pada saat ini adalah jenis yang kedua yaitu yang menggunakan program PAT-M43. Program ini telah dibuat oleh Prof. Dr. Ing. F. Ackermann dari Universitas Stuttgart.

BAB VIII

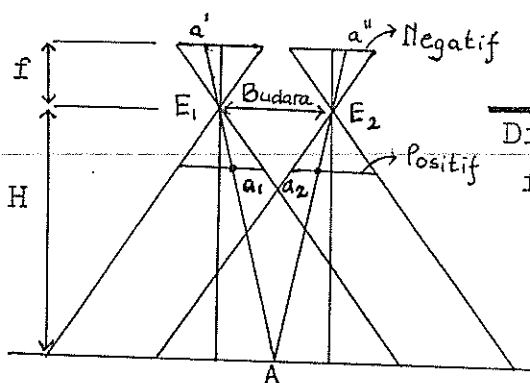
PROSES PEMBUATAN PETA

Setelah proses triangulasi udara, maka akan diperoleh data koordinat titik-titik kontrol tanah. Data koordinat titik kontrol tanah hasil triangulasi udara ini selanjutnya digunakan untuk keperluan pembuatan peta garis, peta foto maupun peta digital. Pada bab ini akan diberikan uraian mengenai proses pembuatan peta garis dan peta foto. Sedangkan untuk peta digital tidak akan dijelaskan dalam bab ini.

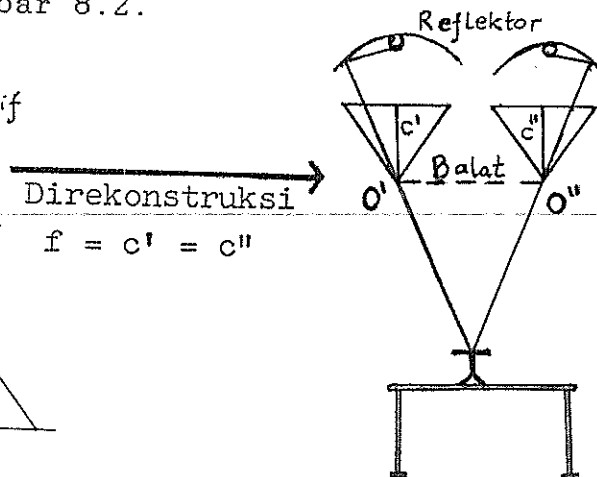
8.1. Proses Pembuatan Peta Garis

Untuk keperluan pembuatan peta garis, maka diperlukan data koordinat titik-titik kontrol hasil triangulasi udara. Pembuatan peta garis dilakukan dengan menggunakan instrumen stereo plotter. Peta hasil plotting dengan menggunakan stereo plotter ini biasanya digambar diatas kertas yang stabil, misalnya diatas drafting film. Peta hasil penggambaran dengan stereo plotter ini masih berupa peta yang belum lengkap dan umumnya juga kurang bagus (biasanya disebut peta manuskrip), sehingga masih perlu diperhalus dan dilengkapi dengan berbagai data sesuai dengan kriteria sebuah peta garis.

Sebelum melakukan plotting dengan stereo plotter, terlebih dahulu harus dilakukan restitusi foto stereo atau dikenal dengan nama proses orientasi. Orientasi adalah rekonstruksi berkas sinar pada instrumen stereo plotter dengan cara tertentu, sehingga berkas-berkas sinar pada saat pemotretan udara kedudukannya sama dengan keadaan di stereo plotter. Keadaan pada saat pemotretan udara dapat dilihat pada Gambar 8.1, sedangkan keadaan di di instrumen stereo plotter dapat dilihat pada Gambar 8.2.



Gambar 8.1. Keadaan pada saat pemotretan



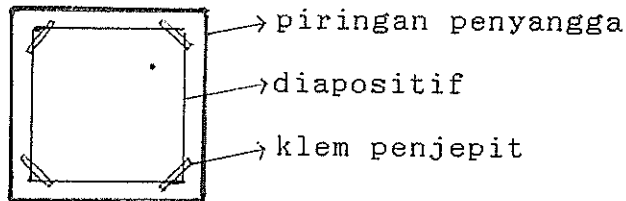
Gambar 8.2. Keadaan di Instrumen

Proses orientasi dilakukan dalam tiga tahap yaitu :

1. Orientasi dalam (Inner orientation).
2. Orientasi relatif (Relative orientation).
3. Orientasi absolut (Absolute orientation).

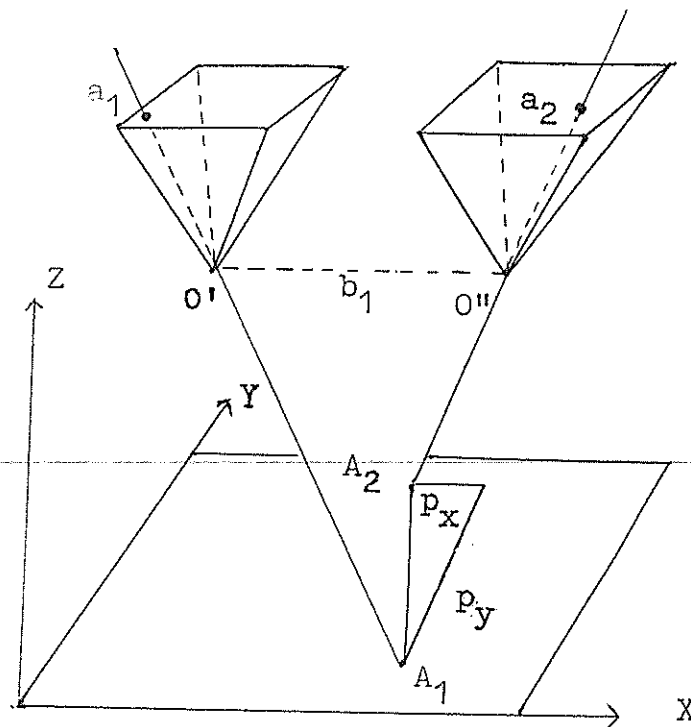
Tujuan dari orientasi dalam adalah melakukan rekonstruksi berkas sinar pada instrumen fotogrametri. Yang dikerjakan pada tahap orientasi dalam adalah :

- a. Memasang diapositif pada piringan penyangga yang ada pada stereplotter.



- b. Menyetel jarak utama (c) pada masing-masing proyektor sesuai dengan fokus kamera udara (f) yang digunakan.
- c. Menghilangkan distorsi yang ada.

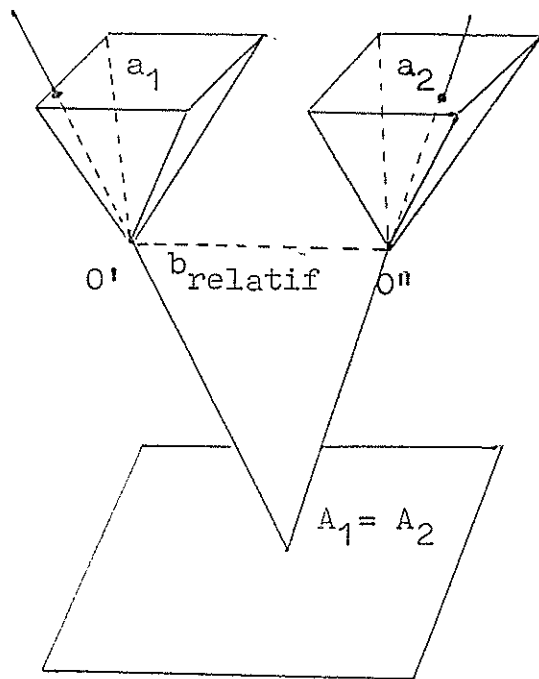
Setelah orientasi dalam masih ada paralaks x dan y . Kondisi setelah orientasi dalam dapat dilihat di Gambar 8.3.



Gambar 8.3. Keadaan setelah orientasi dalam

Tahap berikutnya adalah melakukan orientasi relatif. Orientasi relatif ini bertujuan untuk membentuk model pada instrumen stereo plotter. Adapun yang dilakukan pada tahap orientasi relatif adalah menghilangkan paralaks y pada seluruh daerah model dengan menggunakan unsur-unsur gerakan yang dimiliki oleh instrumen stereo plotter. Pelaksanaan orientasi relatif ini untuk setiap alat berbeda satu sama lain.

Setelah orientasi relatif selesai, maka akan terbentuk model yang tidak mempunyai paralaks x dan paralaks y, kondisi setelah orientasi relatif dapat dilihat pada Gambar 8.4.



Gambar 8.4. Keadaan setelah orientasi relatif

Tahap berikutnya adalah melakukan orientasi absolut. Orientasi absolut ini bertujuan untuk memberikan skala dan referensi ketinggian pada model yang telah terbentuk sebelumnya.

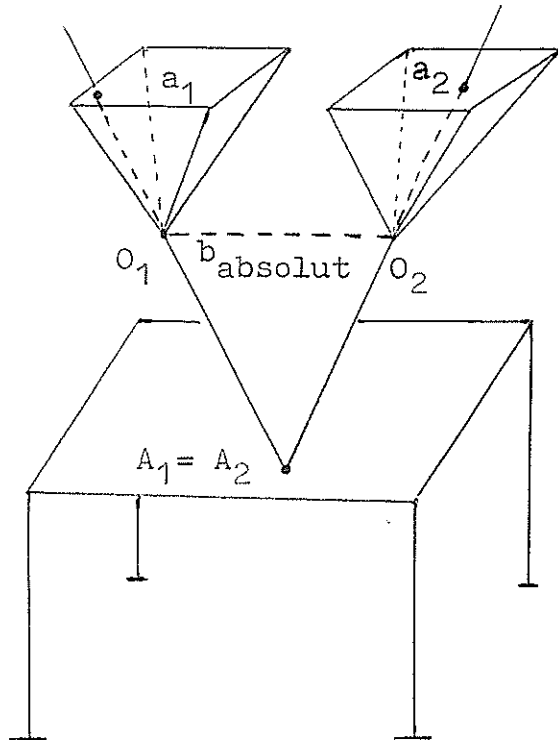
Yang dilakukan pada tahap orientasi absolut adalah :

1. Melakukan penyekalaan model (Scaling) dengan menggunakan dua titik kontrol yang mempunyai koordinat (X,Y).
2. Melakukan pendataran model (Levelling) dengan menggunakan tiga titik kontrol yang mempunyai data koordinat (X,Y) dan data tinggi (h). Ketiga titik kontrol tersebut tidak boleh terletak dalam satu garis lurus.

Setelah orientasi absolut, maka akan diperoleh :

- Model yang telah mempunyai skala tertentu.
- Model yang telah mempunyai data referensi tinggi tertentu.

Keadaan model setelah orientasi absolut dapat dilihat di Gambar 8.5.



Gambar 8.5. Keadaan setelah orientasi absolut

Setelah selesai orientasi absolut, maka dapat dilakukan plotting peta garis yang terbagi dalam dua tahap masing-masing adalah :

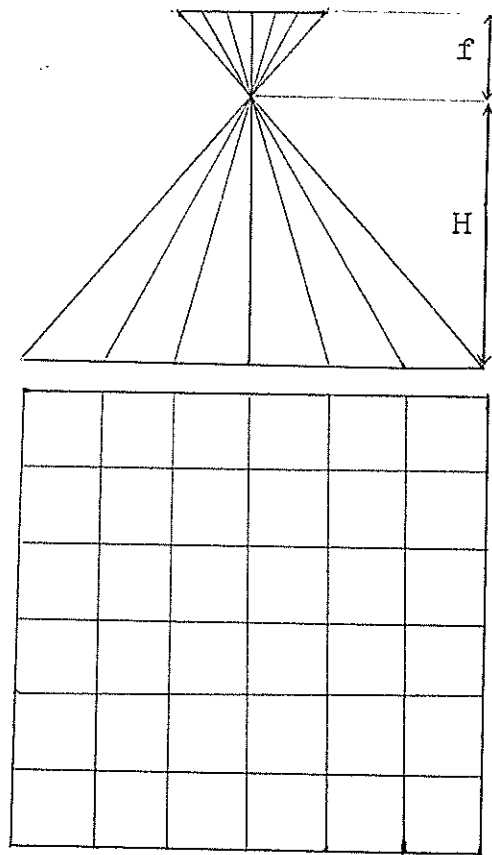
1. Plotting planimetris yaitu plotting posisi planimetris titik detail yang ada pada model.
2. Plotting kontur yaitu plotting garis kontur yang meliputi seluruh areal yang ada pada model.

Hasil akhir dari plotting planimetris dan plotting kontur adalah suatu peta manuskrip yang masih kasar dan belum lengkap. Setelah diperoleh peta manuskrip, maka dapat dilanjutkan dengan proses kartografi. Hasil akhir proses kartografi adalah peta garis yang telah diperhalus gambarnya serta telah dilengkapi dengan beberapa persyaratan yang lazim pada suatu peta garis.

8.2. Pembuatan Peta Foto

Foto udara yang diperoleh dari hasil pemotretan udara mempunyai sistem proyeksi sentral dengan titik pusat kamera sebagai titik pangkalnya (titik sentral). Apabila suatu daerah datar yang dipotret dengan kamera yang sumbunya benar-benar tegak, maka sifat-sifat proyeksi sentral yang dimiliki oleh foto udara akan sama dengan sifat-sifat proyeksi ortogonal sehingga dapat memenuhi syarat dari sebuah peta seperti yang terlihat pada Gambar 8.6.

Apabila sumbu optis kamera miring, maka sifat-sifat proyeksi sentral akan berbeda dengan proyeksi ortogonal sehingga tidak dapat memenuhi syarat sebuah peta.



Gambar 8.6. Proyeksi sentral dan ortogonal

Umumnya daerah yang dipotret tidak semuanya datar dan kamera udara pada saat pemotretan tidak benar-benar tegak. Oleh karena itu untuk pembuatan peta foto, maka foto udara yang ada harus diproses sedemikian rupa sehingga diperoleh foto udara yang mempunyai sistem proyeksi ortogonal. Proses yang dilakukan pada tahap ini disebut Rektifikasi.

Rektifikasi dapat dibagi menjadi dua yaitu :

1. Rektifikasi konvensional (Selanjutnya disebut Rektifikasi)
2. Rektifikasi partial (Selanjutnya disebut Ortofoto).

8.2.1. Rektifikasi

Rektifikasi adalah proses reeksposur dari suatu foto dengan cara tertentu, sehingga kesalahan letak bayangan akibat adanya kemiringan kamera udara dapat dihilangkan serta sekaligus menyamakan skala. Tujuan utama rektifikasi adalah :

1. Menghilangkan kemiringan kamera udara.
2. Menyamakan skala.

Rektifikasi dilakukan menggunakan alat Rektifier dengan input berupa foto udara tunggal. Rektifikasi hanya dapat dilakukan pada daerah yang datar. Yang dimaksud daerah datar adalah daerah yang perbedaan tinggi reliefnya lebih kecil dari 1 % X tinggi terbang pemotretan.

Foto udara daerah datar yang telah direktifikasi selanjutnya dapat digunakan untuk keperluan pembuatan peta foto. Proses kartografi pembuatan peta foto dijelaskan tersendiri pada BAB IX.

8.2.2. Ortofoto

Ortofoto merupakan proses rektifikasi diferensial dengan menggunakan alat stetreo ortofoto. Input yang digunakan adalah model (foto stereo). Dengan demikian proses ortofoto dilakukan model demi model. Ini berbeda dengan proses rektifikasi yang dilakukan foto per foto. Proses ortofoto dapat dilakukan pada daerah datar maupun daerah berbukit. Berbeda dengan rektifikasi yang hanya dapat dilakukan pada daerah datar.

Tujuan proses ortofoto adalah :

1. Menghilangkan kemiringan kamera.
2. Menyamakan skala.
3. Menghilangkan pergeseran relief.

Hasil akhir ortofoto adalah foto udara yang telah mempunyai sistem proyeksi ortogonal. Foto udara yang telah diproses dengan ortofoto ini selanjutnya dapat digunakan untuk keperluan pembuatan peta foto. Proses kartografi pembuatan peta foto dibahas tersendiri pada BAB IX.

BAB IX

K A R T O G R A F I

Pekerjaan kartografi merupakan tahap yang paling akhir dari teknis pelaksanaan pekerjaan pemetaan. Sebagai ilustrasi disini diberikan contoh uraian pekerjaan karto - grafi pada pembuatan peta foto, antara lain meliputi :

- a. Pembuatan petunjuk lembar peta.
- b. Penyusunan mosaik.
- c. Penggambaran halus dan melengkapi data lapangan.
- d. Pembuatan informasi tepi.
- e. Reproduksi.

Bila hasil akhir yang hendak dicapai berupa peta fo to, maka perlu sekali diperhatikan ketentuan-ketentuan pokok yang harus dipenuhi, seperti :

- Warna dari : garis kontur, garis grid, nilai kontur, nilai grid, titik-titik spotheight, dan ketinggiannya, dan nama obyek. Semua ini biasanya disajikan dengan warna putih.
- Warna informasi tepi, biasanya disajikan dengan warna hitam.
- Ukuran muka peta.
- Ukuran lembar peta.
- Skala peta.
- Jarak interval informasi grid.

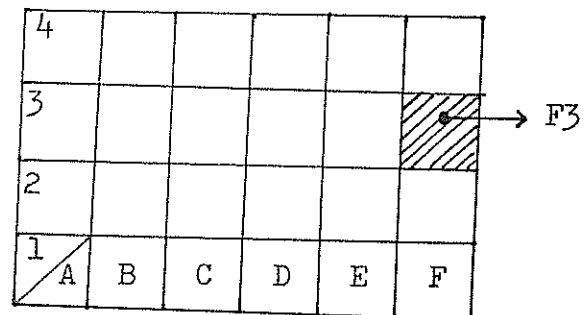
9.1. Pembuatan Petunjuk Lembar Peta.

Petunjuk lembar peta sangat diperlukan untuk pekerjaan kartografi lainnya, dimana dari suatu daerah yang dipetakan karena sangat luas sehingga untuk keperluan praktis dalam penyajiannya harus dibagi-bagi dalam lembar-lembar dengan ukuran yang sama dengan muka peta, dan masing-masing lembar diberi nomor yang sesuai dengan susunannya. Proses pembuatan petunjuk lembar peta adalah sebagai berikut :

1. Siapkan peta topografi yang mencakup batas-batas da-

erah yang harus dipetakan.

2. Siapkan kertas transparan yang sudah diberi kotak-kotak dengan ukuran yang sama dengan muka peta yang diinginkan. Misalnya, skala peta foto yang diminta = 1 : 5.000. Ukuran muka peta = 50 cm X 50 cm, atau 2500 M X 2500 M di lapangan. Skala peta topografi = 1 : 50.000. Berarti 2500 M = 5 Cm di peta, atau ukuran kotak tersebut adalah 5 Cm X 5 Cm.
3. Letakkan kertas transparan di atas peta topografi tadi, sehingga mencakup semua daerah yang dipetakan. Kertas transparan diatur sedemikian rupa, sehingga jumlah lembar peta yang didapat seefisien mungkin dan juga bentuknya sebaik mungkin.
4. Sesudah didapatkan pola pembagian lembar peta yang benar, kemudian rencanakan pemberian tanda-tanda grid berdasarkan sistem koordinat yang digunakan.
5. Beri nomor masing-masing kota dengan sistem sebagai berikut :



Gambar 9.1. Petunjuk Lembar Peta

9.2. Penyusunan Mosaik.

Mosaik adalah gabungan dari 2 (dua) buah foto atau lebih yang saling bertampalan menjadi satu. Sehingga memberikan gambaran dari sebagian atau seluruh daerah yang dipetakan.

Ada 3 (tiga) macam mosaik yang dikenal pada pemetaan cara fotogrametris, yaitu :

- mosaik tanpa kontrol,
- mosaik semi kontrol,

- mosaik kontrol.

A. Mosaik tanpa kontrol.

Yaitu susunan foto-foto udara, dimana tidak ada titik kontrol horizontal, dan foto udara tersebut tentunya belum direktifikasi atau diortofoto.

B. Mosaik semi kontrol.

Yaitu susunan foto-foto udara yang mempunyai titik kontrol horizontal, tetapi foto udara belum direktifikasi.

C. Mosaik kontrol.

Yaitu mosaik yang disusun dari foto-foto udara yang mempunyai titik kontrol horizontal dan sudah direktifikasi.

Dalam proses pekerjaan pembuatan peta foto yang baik dan teliti, sudah tentu sangat diperlukan pembuatan mosaik kontrol.

Prosedur pekerjaan didalam pembuatan mosaik kontrol adalah sebagai berikut :

- a. Tentukan nomor lembar foto yang akan disusun mosaik-nya.
- b. Siapkan positip (paper print) hasil scanning ortofoto atau hasil rektifikasi dari foto yang mencakup nomor lembar foto yang bersangkutan.
- c. Siapkan papan untuk penyambungan positip dengan ukuran yang sama dengan ukuran lembar muka peta, misalnya 50 Cm X 50 Cm. Plot titik-titik kontrol yang tercakup pada lembar peta tersebut pada papan dengan skala yang sesuai dengan positipnya.
- d. Susun positi-positip tersebut sehingga mempunyai bentuk mosaik yang kita inginkan, kemudian rencanakan pemotongan pada positip-positip tersebut.
- e. Tempatkan positip yang sudah dipotong pada papan dengan mengimpitkan titik kontrol yang nampak pada positip dan yang sudah diplot pada papan, kemudian dilem dan sambungkan dengan bagian positip lainnya.

Demikian seterusnya sehingga semua positip dapat tersambung dengan baik.

- f. Hasil akhir yang diperoleh adalah peta foto tanpa kontur.

Pada penggabungan positip-positip tersebut diusahakan semua detail dapat menyambung dengan baik, bila terjadi kemelesetan tidak boleh melebihi 0,3 Mm.

9.3. Penggambaran Garis Kontur.

Penarikan garis kontur dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran mengenai relief topografi daerah yang dipetakan, dimana hal ini sangat diperlukan untuk pekerjaan perencanaan teknis selanjutnya.

Penggambaran garis kontur pada pembuatan peta foto ini dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu :

- a. Cara interpolasi dari data ketinggian hasil pengukuran spotheight di lapangan. Cara ini tentu lebih baik ketelitiannya.
- b. Cara fotogrametris, yaitu dengan menggunakan alat analog plotter. Nilai ketinggiannya dapat diambil dari data titik kontrol minor hasil triangulasi udara. Penarikan garis kontur dengan cara ini sangat membantu terutama apabila sulit melakukan pengukuran spotheight di lapangan, misalnya daerah rawa.

9.3.1. Penarikan Garis Kontur Cara Interpolasi.

Penarikan garis kontur dengan cara interpolasi sesuai dengan metode pengukuran spotheight, adalah sebagai berikut :

A. Untuk daerah yang terbuka dan datar dilakukan sebagai berikut :

- a. Letakkan kertas transparan di atas mosaik ortofoto
- b. Plot titik-titik spotheight dengan detail-detail yang sama pada foto udara yang digunakan untuk identifikasi lapangan.

- c. Cantumkan ketinggian titik-titik spotheight pada bahan transparant.
- d. Lakukan penarikan garis kontur dengan cara interpolasi.

B. Untuk daerah yang tertutup pepohonan, penarikan garis kontur dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Plot titik-titik spotheight yang sudah mempunyai koordinat beserta titik-titik kontrol yang jadi pengikatnya.

Penggambaran dilakukan pada bahan transparant dengan skala yang sama dengan skala mosaik ortofoto atau rektifikasi.

- b. Cantumkan ketinggian titik-titik spotheight pada bahan transparant.
- c. Letakkan bahan transparant tersebut di atas mosaik yang bersangkutan, dengan mengimpitkan titik kontrol yang nampak pada mosaik dengan titik kontrol yang sama dan diplot pada bahan transparant.
- d. Sesudah bahan transparant di atas mosaik ortofoto sudah benar-benar tepat, kemudian dilakukan penarikan garis kontur dengan cara interpolasi.

9.3.2. Penarikan Garis Kontur Dengan Cara Fotogrametris.

Penarikan garis kontur dilakukan dengan menggunakan alat stereo-plotter.

Cara pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan diapositip model yang tercakup pada lembar peta yang direncanakan.
- b. Siapkan kontrol sheet pada plane table, dan plot titik kontrol yang akan digunakan untuk pekerjaan restitusi foto stereo.
- c. Lakukan pekerjaan restitusi foto stereo.
- d. Sesudah restitusi foto stereo selesai kemudian dilakukan plotting kontur.
- e. Letakkan hasil plotting kontur di atas mosaik hasil ortofoto atau rektifikasi.

- f. Interval kontur yang digambarkan biasanya 0,5 m untuk daerah datar dan 1 m untuk daerah berbukit.
- g. Tiap kontur interval 5 m biasanya digambarkan dengan garis yang lebih tebal.

Hasil penggambaran kontur dengan cara interpolasi ataupun cara fotogramteri ini disebut "manuskrip kontur".

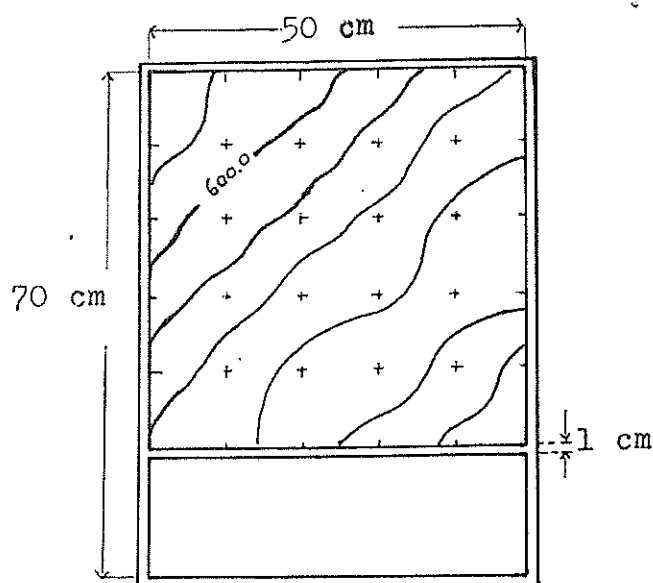
9.4. Penggambaran Halus

Setelah pembuatan manuskrip kontur selesai, selanjutnya dilakukan penggambaran halus yaitu pekerjaan untuk memperbaiki kontur hasil interpolasi maupun hasil plotting dengan cara fotogrametri. Penggambaran halus ini biasa dilakukan diatas kertas transparan yang stabil misalnya pada bahan drafting film atau polyester film.

Pada penggambaran halus ini juga dilakukan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut :

- a. Pemberian nama-nama obyek yang ada pada lembar peta yang bersangkutan, misalnya : nama kampung, nama jalan, nama sungai, nama gunung dan lain-lain.
- b. Penggambaran garis-garis grid.
- c. Penulisan angka kontur dan angka grid.
- d. Penggambaran titik-titik spotheight dan ketinggiannya.

Hasil akhir dari pekerjaan ini adalah bahan positif transparan yang memuat informasi seperti diatas. Penggambaran halus dilakukan pada sheet dengan ukuran yang tertentu, misalnya ukuran 50 cm X 70 cm. Untuk lebih jelasnya berikut ini diberikan contoh gambar manuskrip kontur seperti yang ada pada Gambar 9.2.



Gambar 9.2. Manuskrip kontur

9.5. Pembuatan Informasi Tepi

Informasi tepi peta didesain terlebih dahulu pada kertas biasa, setelah sesuai dengan keinginan kemudian dibuat positifnya pada bahan drafting film.

Informasi tepi peta antara lain terdiri dari :

- a. Skala peta foto.
- b. Nama daerah yang dipetakan.
- c. Nama Instansi pemesan.
- d. Nama kontraktor yang membuat peta.
- e. Peta topografi skala kecil yang menunjukkan daerah pemetaan serta sistem penomoran lembar peta.
- f. Keterangan mengenai datum yang digunakan sebagai titik kontrol baik kontrol horisontal maupun vertikal.
- ~~g. Sistem proyeksi peta yang digunakan.~~
- h. Tahun pembuatan
- i. Dan informasi lain sesuai dengan keinginan pembuat peta.

Hasil akhir dari proses ini adalah positif transparan informasi tepi yang selanjutnya akan dibuat negatif.

9.6. Proses Reproduksi

Setelah selesai pekerjaan kartografi, tahap berikutnya adalah proses reproduksi. Pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan pada proses reproduksi antara lain adalah :

- a. Proses fotografi untuk mendapatkan negatif mosaik orto - foto dan negatif informasi tepi.
- b. Proses superimposed untuk mendapatkan negatif peta foto yang sudah dilengkapi kontur.
- c. Pencetakan untuk memperoleh positif dan atau diapositif dari peta foto yang sudah dilengkapi kontur.

9.6.1. Proses Fotografi

Biasanya hasil akhir yang diinginkan berupa :

- Bentuk muka peta berwarna hitam.
- Informasi tepi berwarna hitam.

Untuk memperoleh hasil akhir tersebut, maka perlu tersedia negatif mosaik ortofoto dan negatif informasi tepi. Proses reproduksi dilakukan dengan kamera reproduksi.

9.6.2. Proses Superimposed

Untuk melakukan proses superimposed, maka harus disiapkan :

- a. Negatif mosaik ortofoto.
- b. Negatif Infotmasi tepi.
- c. Lembar positif yang memuat manuskrip kontur.

Sebelum melakukan proses superimposed terlebih dahulu dilakukan editing lembar-lembar peta yang maksudnya adalah untuk memperbaiki semua kesalahan atau kekurangan yang ada. Selanjutnya dilakukan proses superimposed yang hasilnya adalah negatif ortofoto yang telah ada konturnya.

Tahap selanjutnya adalah pencetakan untuk memperoleh positif atau diapositif sesuai dengan permintaan.

BAB X INTERPRETASI FOTO UDARA

10.1. Dasar-Dasar Interpretasi Foto Udara

Untuk melakukan interpretasi foto udara terhadap hal-hal yang khusus, maka harus dibantu oleh disiplin ilmu yang berhubungan dengan hal khusus tersebut. Sebagai contoh untuk keperluan geologi, seorang interpreter harus mempunyai pengetahuan yang khusus tentang ilmu geologi. Demikian juga untuk keperluan pertanian, seorang interpreter harus mempunyai keahlian dibidang pertanian.

Dalam interpretasi setiap orang mempunyai kemampuan berbeda, sehingga hasil interpretasi sangat tergantung dari kemampuan interpreter. Namun demikian secara umum ada 7 (tujuh) kunci interpretasi masing-masing adalah :

1. Size (ukuran).
2. Shape (bentuk).
3. Shadow (bayangan).
4. Site (lokasi).
5. Tone (derajat kehitaman).
6. Texture (kekasaran).
7. Pattern (pola).

Kunci interpretasi ini hanya digunakan sebagai pedoman. Dalam melakukan interpretasi dapat digunakan satu kunci atau kombinasi lebih dari satu kunci. Untuk lebih jelasnya berikut ini akan dijelaskan satu persatu dari ketujuh kunci interpretasi tersebut.

1. Size (ukuran).

Ukuran dapat digunakan sebagai patokan dalam interpretasi foto udara, hal ini karena setiap benda umumnya mempunyai ukuran yang berbeda. Setiap interpreter harus mengetahui dengan pasti skala foto udara yang digunakan sehingga dapat diketahui dengan pasti hubungan 1 mm di foto udara dan ukuran sebenarnya di lapangan. Perbandingan ukuran antara satu obyek dengan obyek lainnya akan menolong dalam mengidentifikasi obyek-obyek tersebut.

Sebagai contoh : seorang interpreter yang berpengalaman akan dapat membedakan antara bangunan rumah, gudang, gedung sekolah, masjid dan bangunan lainnya.

2. Shape (bentuk).

Bentuk mempunyai pengaruh yang penting dalam mengidentifikasi obyek dalam foto udara. Akan tetapi bentuk tidak selamanya dapat membantu dalam mengidentifikasi suatu obyek, kadang-kadang dapat juga salah identifikasi. Misalnya suatu bentuk linier pada foto udara dapat diidentifikasi sebagai jalan KA, jalan raya atau saluran. Apabila interpretasi dilakukan dengan stereoskop, maka bayangan tiga dimensi akan sangat membantu dalam mengidentifikasi suatu obyek. Selain bentuk obyek, dalam interpretasi perlu diperhatikan ciri khas suatu obyek. Sebagai contoh : suatu jaringan jalan KA biasanya pada jarak tertentu terdapat bangunan stasiun. Selain itu jalan KA umumnya tidak mempunyai tikungan yang tajam seperti pada jalan raya. Dengan memperhatikan bentuk dan ciri khas suatu obyek diharapkan dapat membantu interpreter dalam mengidentifikasi obyek di foto udara.

3. Shadow (bayangan).

Bayangan dapat terjadi apabila ada suatu obyek yang mempunyai ketinggian lebih dari obyek lainnya mendapat cahaya matahari. Dengan memperhatikan bayangan, seorang interpreter dapat membedakan tinggi rendahnya suatu obyek. Sebagai contoh : suatu bangunan bertingkat dua bayangannya akan lebih panjang dibandingkan bangunan yang tidak bertingkat. Dengan bayangan kita dapat membedakan antara suatu obyek dinding dan pagar biasa. Namun demikian bayangan kadang-kadang dapat menimbulkan kesulitan interpreter dalam mengidentifikasi obyek di foto udara.

4. Site (lokasi).

Lokasi topografi atau situasi dapat membantu interpreter dalam mengidentifikasi obyek di foto udara. Sebagai contoh : suatu bangunan di pinggir jalan KA dapat diidentifikasi sebagai stasiun kereta api.

5. Tone (derajad kehitaman).

Derajad kehitaman terdiri dari warna putih ke warna hitam dan dibagi dalam beberapa derajad kehitaman. Derajad kehitaman dari masing-masing obyek dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang dipantulkan oleh obyek tersebut, makin banyak cahaya yang dipantulkan semakin terang derajad kehitamannya.

Beberapa aturan umum yang dapat dipakai antara lain :

- permukaan air umumnya mempunyai tone yang hampir gelap
- pasir umumnya mempunyai tone yang terang
- permukaan jalan mempunyai tone yang terang
- tanah gundul, rumput muda, tanaman jagung umumnya mempunyai tone yang terang
- daerah dengan pohon yang berdaun kecil umumnya gelap
- daerah dengan pepohonan berdaun lebar umumnya terang
- jalan KA umumnya mempunyai tone gelap

6. Texture (kekasaran).

Texture akan memperlihatkan kepadatan suatu obyek di foto udara. Skala mempunyai kaitan yang erat dengan texture. Sebagai contoh :

- pada skala 1 : 1000, daun-daunan dari sebuah pohon akan mempunyai texture yang jelas bahkan dahan-dahannya juga dapat terlihat.
- pada hamparan sawah dengan tanaman padi muda akan mempunyai texture yang berbeda dengan tanaman padi yang sudah tua.

7. Pattern (pola).

Dalam interpretasi kita dapat memperhatikan pola-pola tertentu dari suatu obyek. Pola dapat teratur atau tidak teratur dan kedua pola ini dapat ditemui pada obyek alam atau obyek buatan manusia. Sebagai contoh :

- dalam bidang geologi alur-alur sungai biasanya mempunyai pola tertentu.
- pohon-pohon dalam semak belukar juga mempunyai pola - pola tertentu.

10.2. Tahapan Interpretasi Foto Udara

Pelaksanaan interpretasi foto udara dapat dibagi dalam tiga tahap yaitu :

1. Peninjauan secara umum (general examination).

Tahap peninjauan secara umum ini adalah menetapkan sifat-sifat atau karakteristik dari daerah yang diamati. Sifat-sifat daerah secara umum antara lain meliputi : susunan relief, jenis tumbuh-tumbuhan, kebudayaan, keadaan bentang alam. Beberapa feature(ciri khas) yang mempunyai arti khusus harus dicatat tersendiri.

2. Identifikasi (identification).

Pada tahap identifikasi ini semua detail topografi atau situasi yang ada pada foto udara harus diidentifikasi. Identifikasi dapat dilakukan dengan beberapa cara :

a. Setelah mencatat hal-hal khusus pada tahap peninjauan secara umum mengenai daerah yang diamati, maka pemeriksaan secara mendetail daerah tersebut dilakukan dengan cara :

- mempelajari susunan jalan secara sistematis, distribusi dan type bangunan, bentuk-bentuk khusus seperti gereja, masjid, kuburan dan taman-taman.
- setelah itu dilanjutkan dengan mempelajari daerah khusus lainnya misalnya mengenai daerah pertanian, perkebunan dan daerah khusus lainnya.

b. Foto udara dapat menunjukkan type keadaan alam yang seragam. Oleh karena itu dalam melakukan interpretasi daerah-daerah yang ada di foto dibagi dalam jumlah tertentu untuk dianalisa secara mendetail.

Misalnya foto udara menunjukkan daerah bangunan atau daerah pertanian, maka daerah tersebut dibagi dalam beberapa daerah yang lebih kecil untuk dapat mempelajari secara mendetail dari daerah-daerah tersebut.

c. Tahap identifikasi dapat dilakukan dengan cara identifikasi terhadap obyek-obyek yang jelas dan mudah dikenal. Berdasarkan hasil identifikasi ini, maka dapat dilakukan analisa mendetail pada daerah yang lebih kecil seperti yang diuraikan pada cara b.

3. Klasifikasi (Clasification).

Tahap klasifikasi ini tidak dapat dipisahkan dengan tahap identifikasi, karena klasifikasi merupakan perluasan dari identifikasi. Sebagai contoh : dalam identifikasi jalan, maka dapat diketahui jenis jalan tersebut apakah jalan utama atau jalan penghubung. Begitu juga pada identifikasi bangunan, maka bangunan tersebut termasuk jenis bangunan rumah biasa, gedung sekolah, bangunan pabrik, gudang, masjid, gereja atau jenis bangunan yang lain.

Dengan demikian pada tahap klasifikasi ini harus dipikirkan lebih teliti mengenai:

- identifikasi jalan: harus dibedakan jalan utama, jalan kelas dua, jalan penghubung.
- identifikasi bangunan : harus dapat diklasifikasikan dalam bentuk rumah tinggal, pabrik, gereja, masjid, stasiun dan klasifikasi bangunan lainnya.

Dengan demikian tahap klasifikasi ini dapat dilakukan secara bersamaan dengan tahap identifikasi.